

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   1 月 2 9 日  
Date of Application:

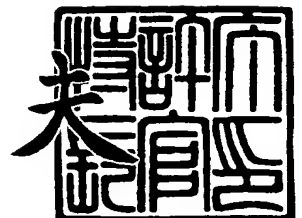
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 2 0 3 5 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 2 0 3 5 1 ]

出      願      人            トヨタ自動車株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 PA14F512

【提出日】 平成15年 1月29日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F02D 15/04  
B60L 11/14

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 茂木 和久

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 宮下 茂樹

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 110000028

【氏名又は名称】 特許業務法人 明成国際特許事務所

【代表者】 下出 隆史

【電話番号】 052-218-5061

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 133917

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0105457

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動機を利用しながら圧縮比の切り換えを行う内燃機関、および内燃機関の制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 出力するトルクに応じて圧縮比を切り換えながら運転される内燃機関であって、

前記内燃機関に要求されるトルクたる要求トルクを検出する要求トルク検出手段と、

前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機と、  
前記電動機の動作を制御する電動機制御手段と  
を備え、

前記電動機制御手段は、前記要求トルクが圧縮比を切り換えるための閾値トルクを超える場合には、前記電動機から前記出力軸に対してトルクを出力することにより、前記内燃機関が出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制する手段である内燃機関。

【請求項 2】 請求項 1 記載の内燃機関であって、

少なくとも前記要求トルクに対応付けて、前記内燃機関の圧縮比と前記電動機から前記出力軸に出力するトルクの有無とが設定された制御領域を記憶している制御領域記憶手段と、

前記制御領域に従って前記内燃機関の圧縮比の切り換えを行う圧縮比切り換え手段と

を備え、

前記制御領域には、少なくとも、

前記閾値トルクよりも低トルクの領域に対応付けて、前記内燃機関を所定の圧縮比として且つ前記電動機から前記出力軸にトルクを出力せずに運転する旨が設定された第 1 の制御領域と、

前記閾値トルクよりも高トルクの領域に対応付けて、前記内燃機関の圧縮比を前記所定の圧縮比として且つ前記電動機から前記出力軸にトルクを出力しながら運転する旨が設定された第 2 の制御領域と

が設けられており、

前記電動機制御手段は、前記制御領域に従って前記電動機の制御を行う手段である内燃機関。

【請求項 3】 請求項 2 記載の内燃機関であって、  
前記電動機に供給される電力を蓄える蓄電手段と、  
前記蓄えられている電力の蓄電量を検出する蓄電量検出手段と  
を備え、  
前記制御領域には、

前記第 2 の制御領域よりも高トルクの領域に対応付けて、前記内燃機関の圧縮比を前記所定の圧縮比よりも低くして運転する旨が設定された第 3 の制御領域が設けられており、

前記圧縮比切り換え手段および前記電動機制御手段は、前記検出された蓄電量が所定の閾値以下である場合は、前記要求トルクが前記第 2 の制御領域にある場合でも、前記第 3 の制御領域の設定に基づいて、圧縮比の切り換えと前記電動機の制御とをそれぞれに行う手段である内燃機関。

【請求項 4】 請求項 1 記載の内燃機関であって、  
前記要求トルクが前記閾値トルクを超えてから所定時間の経過を検出する計時手段を備え、

前記電動機制御手段は、前記所定時間に亘って前記要求トルクが前記閾値トルクを超えていた場合には、前記内燃機関が出力するトルクが該閾値トルクを超えるまで、前記電動機から前記出力軸に出力しているトルクを減少させる手段である内燃機関。

【請求項 5】 請求項 4 記載の内燃機関であって、  
前記電動機に供給される電力を蓄える蓄電手段と、  
前記蓄えられている電力の蓄電量を検出する蓄電量検出手段と  
を備え、  
前記電動機制御手段は、前記検出された蓄電量が所定の閾値以下である場合は、前記所定時間の経過を待つことなく、前記電動機から前記出力軸に出力しているトルクを減少させる手段である内燃機関。

【請求項 6】 圧縮比を切り換え可能な内燃機関であって、  
前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機と、  
前記電動機の動作を制御する電動機制御手段と  
を備え、

前記電動機制御手段は、前記内燃機関の圧縮比の切り換え中に該内燃機関が出力するトルクの変動を、前記電動機が前記出力軸とやり取りするトルクを制御することで吸収するべく、該電動機の動作を制御する手段である内燃機関。

【請求項 7】 請求項 6 記載の内燃機関であって、  
前記内燃機関の圧縮比を切り換える圧縮比切り換え手段と、  
前記圧縮比の切り換え中は、前記内燃機関の運転状態を制御するための制御量を、該切り換え前あるいは該切り換え後の中の圧縮比が高い方に対応する制御量に保ったまま、該内燃機関を制御する内燃機関制御手段と  
を備える内燃機関。

【請求項 8】 請求項 7 記載の内燃機関であって、  
前記内燃機関制御手段は、前記内燃機関の圧縮比を高圧縮比から低圧縮比に切り換えるに際して、前記制御量を該高圧縮比に対応する値に保ったまま、該内燃機関を制御する手段であり、

前記電動機制御手段は、前記内燃機関の圧縮比が高圧縮比から低圧縮比に切り換わる間は、前記電動機から前記出力軸に出力するトルクを制御することで、該内燃機関の出力トルクの低下を吸収する手段である内燃機関。

【請求項 9】 出力するトルクに応じて圧縮比を切り換えながら運転される内燃機関の制御方法であって、

前記内燃機関に要求されるトルクたる要求トルクを検出する第 1 の工程と、  
前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機の動作を制御する第 2 の工程と  
を備え、

前記第 2 の工程は、前記要求トルクが圧縮比を切り換えるための閾値トルクを超える場合には、前記電動機から前記出力軸に対してトルクを出力することにより、前記内燃機関が出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制する工程である内

燃機関の制御方法。

【請求項 10】 請求項 9 記載の制御方法であって、

少なくとも前記内燃機関の圧縮比と前記電動機から前記出力軸に出力するトルクの有無とが、前記要求トルクに対応付けて設定された制御領域を記憶しておく第 3 の工程と、

前記制御領域に従って前記内燃機関の圧縮比の切り換えを行う第 4 の工程とを備え、

前記制御領域には、少なくとも、

前記閾値トルクよりも低トルクの領域に対応付けて、前記内燃機関を所定の圧縮比として且つ前記電動機から前記出力軸にトルクを出力せずに運転する旨が設定された第 1 の制御領域と、

前記閾値トルクよりも高トルクの領域に対応付けて、前記内燃機関の圧縮比を前記所定の圧縮比として且つ前記電動機から前記出力軸にトルクを出力しながら運転する旨が設定された第 2 の制御領域と

が設けられており、

前記第 2 の工程は、前記制御領域に従って前記電動機の制御を行う工程である制御方法。

【請求項 11】 請求項 9 記載の制御方法であって、

前記要求トルクが前記閾値トルクを超えてから所定時間の経過を検出する第 5 の工程を備え、

前記第 2 の工程は、前記所定時間に亘って前記要求トルクが前記閾値トルクを超えていた場合には、前記内燃機関が出力するトルクが該閾値トルクを超えるまで、前記電動機から前記出力軸に出力しているトルクを減少させる工程である制御方法。

【請求項 12】 圧縮比を切り換え可能な内燃機関の制御方法であって、

前記内燃機関の圧縮比を切り換える第 1 の工程と、

前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機の動作を制御する第 2 の工程と

を備え、

前記第2の工程は、前記内燃機関の圧縮比の切り換え中に該内燃機関が出力するトルクの変動を、前記電動機が前記出力軸とやり取りするトルクを制御することで吸収するべく、該電動機の動作を制御する工程である内燃機関の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、圧縮比を変更可能な内燃機関において、圧縮比を適切に切り換える技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

内燃機関は、小型でありながら比較的大きな動力を出力可能であるという優れた特性を備えることから、自動車や船舶、飛行機など各種の輸送機械の動力源として、あるいは定置式の各種機械の動力源として広く使用されている。これら内燃機関は、燃焼室内で圧縮した混合気を燃焼させ、このときに発生する燃焼圧力を機械的な仕事に変換して、動力を取り出すことを動作原理としている。

【0003】

こうした内燃機関では、理論的には、混合気の圧縮割合を表す指標である圧縮比が高くなるほど熱効率が向上することが知られている。しかし、実際には、圧縮比が高くなるほど、ノッキングと呼ばれる異常燃焼が発生し易くなる傾向にある。ノッキングが発生した状態で内燃機関を運転していると内燃機関にダメージを与えることがある。そこで、圧縮比が高い値に設定されている内燃機関では、特にノッキングが生じ易い高負荷の運転領域では、ノッキングの発生を回避するため点火時期を適正な時期から遅らせた時期に設定しておくことが行われる。点火時期を遅らせておけば、ノッキングの発生を確実に回避することが可能であるが、その一方で、内燃機関の出力低下は避けられない。

【0004】

こうした点に鑑みて、内燃機関の圧縮比を変更可能とする技術が提案されている（特許文献1、特許文献2など）。これら技術では、内燃機関の運転条件に応じて圧縮比を変更可能として、ノッキングが発生し難い中低負荷の運転条件では

圧縮比を高く設定し、逆に、ノッキングが発生し易い高負荷条件では圧縮比を低く設定する。こうすれば、中低負荷領域では、内燃機関を高圧縮比で運転することで高い熱効率を達成し、高負荷領域では低圧縮比で運転することでノッキングの発生を回避して大きな出力を発生させることが可能である。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開昭62-258153号公報

##### 【特許文献2】

特開昭63-159642号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

このように、内燃機関の圧縮比を変更可能とすれば、熱効率と最大出力とを同時に向上させることが可能となるものの、その一方で次のような課題も存在しており、効果的な解決手法の開発が要請されている。すなわち、内燃機関の圧縮比を切り換えるためには、ある程度のエネルギーが必要となるので、圧縮比の切り換えを頻繁に行うと大きなエネルギーを消費してしまい、内燃機関全体として見たときの熱効率が却って低下してしまうことが起こり得る。また、圧縮比の切り換えにはある程度の時間が掛かるので、圧縮比の切り換えを頻繁に行うと内燃機関の操作者に違和感を与えてしまうおそれもある。更には、単純に圧縮比を切り換えただけでは内燃機関の出力が変化して、操作者に違和感を与えるおそれがあるので、これを回避するために特別な制御が必要となるといった問題もある。

#### 【0007】

この発明は、従来技術における上述した課題を解決するためになされたものであり、圧縮比を変更可能な内燃機関の優れた特性を損なうことなく、上記の課題を解決することが可能な技術の提供を目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の第1の内燃機関は次の構成を採用した。すなわち、



出力するトルクに応じて圧縮比を切り換えながら運転される内燃機関であって、

前記内燃機関に要求されるトルクたる要求トルクを検出する要求トルク検出手段と、

前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機と、  
前記電動機の動作を制御する電動機制御手段と  
を備え、

前記電動機制御手段は、前記要求トルクが圧縮比を切り換えるための閾値トルクを超える場合には、前記電動機から前記出力軸に対してトルクを出力することにより、前記内燃機関が出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制する手段であることを要旨とする。

#### 【0009】

また、上記の内燃機関に対応する本発明の第1の制御方法は、  
出力するトルクに応じて圧縮比を切り換えながら運転される内燃機関の制御方法であって、

前記内燃機関に要求されるトルクたる要求トルクを検出する第1の工程と、  
前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機の動作を制御する第2の工程と  
を備え、

前記第2の工程は、前記要求トルクが圧縮比を切り換えるための閾値トルクを超える場合には、前記電動機から前記出力軸に対してトルクを出力することにより、前記内燃機関が出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制する工程であることを要旨とする。

#### 【0010】

かかる第1の内燃機関および制御方法においては、要求トルクが、内燃機関の圧縮比を切り換えるための閾値トルクを超える場合には、電動機から出力軸に対してトルクを出力することで、該内燃機関が実際に出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制する。

#### 【0011】

こうすれば、要求トルクが閾値トルクを多少、上回る程度であれば、内燃機関の圧縮比を切り換えることなく運転することができる。すなわち、圧縮比の切り換え頻度が抑制されることになる。この結果、圧縮比の切り換えに大きなエネルギーを消費して内燃機関全体としての効率が低下してしまうことを回避することが可能となる。加えて、圧縮比の切り換え頻度を抑制することができれば、内燃機関の操作者に違和感を与えるおそれも軽減することが可能となる。

#### 【0012】

更に、圧縮比を切り換えて内燃機関の出力トルクを増加させた場合、圧縮比の切り換えにはある程度の時間が掛かってしまうので、要求トルクの増加に速やかに対応することは困難であるが、圧縮比を切り換えることなく、電動機の出力トルクを増加させてやれば、要求トルクの増加に速やかに対応することが可能になるという利点も得られる。

#### 【0013】

上述した第1の内燃機関および制御方法においては、該内燃機関の圧縮比と、前記電動機から前記出力軸に出力するトルクの有無とを、前記要求トルクに対応付けて設定した制御領域を記憶しておき、かかる制御領域に基づいて該電動機の動作を制御することとしても良い。このとき、かかる制御領域には、少なくとも、前記閾値トルクよりも低トルク側に、前記内燃機関が所定の圧縮比で且つ前記電動機から前記出力軸にトルクを出力せずに運転する旨が設定された第1の制御領域と、前記閾値トルクよりも高トルク側に、前記内燃機関の圧縮比が前記所定の圧縮比で且つ前記電動機から前記出力軸にトルクを出力しながら運転する旨が設定された第2の制御領域とを設けておく。

#### 【0014】

こうした制御領域に従って前記電動機を制御してやれば、要求トルクが閾値トルクを超えた場合でも、該電動機からトルクを出力することで、前記内燃機関が出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制して、圧縮比の切り換えを抑制することが可能となる。

#### 【0015】

更には、前記第2の制御領域よりも高トルク側に、前記内燃機関の圧縮比を前

記所定の圧縮比よりも低くして運転する旨が設定された第 3 の制御領域を設けておき、前記電動機に供給される電力の蓄電量に応じて、次のような制御を行っても良い。すなわち、該蓄電量が所定の閾値以下である場合には、要求トルクが前記第 2 の制御領域にある場合でも、該第 3 の制御量の設定に基づいて、該内燃機関の圧縮比と該電動機の動作とを制御することとしても良い。

#### 【 0 0 1 6 】

こうすれば、蓄電量が充分でない場合には、内燃機関の圧縮比を低くして出力を増加させることができるので、電動機の出力トルクを抑制して電力の消費を抑えることが可能となって好ましい。

#### 【 0 0 1 7 】

あるいは、上述した第 1 の内燃機関および制御方法においては、前記要求トルクが前記閾値トルクを超えてから所定時間の経過を検出することとして、該要求トルクが該閾値トルクを超える状態が、該所定時間に亘って継続している場合には、該内燃機関が出力するトルクが該閾値トルクを超えるまで、前記電動機から前記出力軸に出力しているトルクを減少させることとしても良い。

#### 【 0 0 1 8 】

こうすれば、例えば要求トルクが閾値トルクを超えた場合でも、超えた時間が所定時間以下の短時間であれば、内燃機関の圧縮比を切り換えることなく電動機の出力トルクを増加させて対応することになる。このため、圧縮比が頻繁に切り換わることを効果的に回避することが可能となる。一方、要求トルクが閾値トルクを超える時間が所定時間以上続く場合には、内燃機関の圧縮比を切り換えて出力トルクを増加させ、電動機の出力トルクを減少させることで、電力の消費を抑制することが可能となって好ましい。

#### 【 0 0 1 9 】

このとき、電動機に供給する電力の蓄電量が所定の閾値以下である場合には、前記所定時間の経過を待つことなく、すなわち該所定時間より短時間の経過後に、あるいは要求トルクが閾値トルクを超えたら直ぐに、前記内燃機関の圧縮比を切り換えて出力トルクを増加させ、該電動機の出力トルクを減少させることとしてもよい。もちろん、蓄電量に応じて、経過時間を調整することとしても良い。

**【 0 0 2 0 】**

こうすれば、蓄電量が充分でない場合に、電力の消費を抑制することが可能となるので好ましい。

**【 0 0 2 1 】**

従来技術における上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の第 2 の内燃機関は、次の構成を採用した。すなわち、

圧縮比を切り換え可能な内燃機関であって、

前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機と、

前記電動機の動作を制御する電動機制御手段と

を備え、

前記電動機制御手段は、前記内燃機関の圧縮比の切り換え中に該内燃機関が出力するトルクの変動を、前記電動機が前記出力軸とやり取りするトルクを制御することで吸収するべく、該電動機の動作を制御する手段であることを要旨とする。

**【 0 0 2 2 】**

また、上記の内燃機関に対応する本発明の第 2 の制御方法は、

圧縮比を切り換え可能な内燃機関の制御方法であって、

前記内燃機関の圧縮比を切り換える第 1 の工程と、

前記内燃機関の出力軸に対してトルクをやり取り可能に設けられた電動機の動作を制御する第 2 の工程と

を備え、

前記第 2 の工程は、前記内燃機関の圧縮比の切り換え中に該内燃機関が出力するトルクの変動を、前記電動機が前記出力軸とやり取りするトルクを制御することで吸収するべく、該電動機の動作を制御する工程であることを要旨とする。

**【 0 0 2 3 】**

かかる第 2 の内燃機関および制御方法においては、該内燃機関の圧縮比の切り換え中に該内燃機関が出力するトルクの変動を、前記電動機が前記出力軸とやり取りするトルクを制御することで吸収するべく、該電動機の動作を制御する。こうすれば、内燃機関の操作者に違和感を与えることなく圧縮比を切り換えること

が可能となる。

【0 0 2 4】

こうした第2の内燃機関および制御方法においては、圧縮比を切り換えるに際して、該内燃機関の運転状態を制御するための制御量を、該切り換え前あるいは該切り換え後の中の、いずれか圧縮比の高い方に対応する制御量に保ったまま、該内燃機関を制御することとしてもよい。

【0 0 2 5】

一般に内燃機関は、圧縮比が高くなるほどノッキングと呼ばれる異常燃焼が発生し易くなる傾向にある。従って、圧縮比の切り換え中は、内燃機関の制御量を、該切り換えの前後で圧縮比のいずれか高い方に対応する制御量に保ったまま、圧縮比を切り換えてやれば、切り換え中にノッキングが発生することを確実に回避することが可能となるので好適である。

【0 0 2 6】

こうした内燃機関および制御方法においては、特に、高圧縮比から低圧縮比に切り換える際に、内燃機関の制御量を該高圧縮比に対応した値に保ったまま、圧縮比を切り換えることとしても良い。

【0 0 2 7】

こうすれば、圧縮比の切り換え中も、単に切り換え前の制御量を保持しておくだけでよいので、制御内容を簡素なものにすることができるという利点がある。

【0 0 2 8】

【発明の実施の形態】

本発明の作用・効果をより明確に説明するために、次のような順序に従って、本発明の実施例を説明する。

A. 装置構成：

A-1. ハイブリッド車両の構成：

A-2. ハイブリッド車両の動作の概要：

A-3. 可変圧縮比エンジンの構成：

B. 第1実施例の運転制御：

C. 第2実施例の運転制御：

## D. 第 3 実施例の運転制御：

## 【0 0 2 9】

## A. 装置構成：

## A-1. ハイブリッド車両の構成：

図 1 は、本実施例のハイブリッド車両 1 0 0 の概略構成を示す説明図である。図示するように、このハイブリッド車両 1 0 0 は、モータ・ジェネレータ (MG 1) 1 2 0 と、モータ・ジェネレータ (MG 2) 1 3 0 と、エンジン 2 0 0 を有し、エンジン 2 0 0 と 2 つのモータ・ジェネレータ MG 1, MG 2 とはプラネタリギア 1 4 0 で互いに結合されている。詳細には後述するが、エンジン 2 0 0 は、運転条件に応じて圧縮比を変更可能ないわゆる可変圧縮比エンジンである。ハイブリッド車両 1 0 0 においては、エンジン 2 0 0 はもっぱら動力源として使用される。MG 1 および MG 2 はいずれも、電気エネルギーを用いて駆動力を発生する動力源としても、あるいは外力によって駆動されて電気エネルギーを発生する発電機としても機能し得るが、MG 1 は主に発電機として、MG 2 は主に動力源として使用される。プラネタリギア 1 4 0 は、エンジン 2 0 0 および MG 2 からの出力を、チェーンベルト 1 7 4 と車軸 1 7 0 とを介して駆動輪 1 7 2 に伝達する役割や、エンジン 2 0 0 からの出力を、MG 1 と駆動輪 1 7 2 とに振り分ける動力分割機構としての役割、更には、MG 2 やエンジン 2 0 0 の回転速度を減速あるいは増速して駆動輪 1 7 2 に伝達する変速機としての役割を有している。

## 【0 0 3 0】

エンジン 2 0 0 は、4 つの燃焼室を備えており、各燃焼室内で空気と燃料との混合気を燃焼させることによって動力を発生させる。エンジン 2 0 0 は、燃焼室内に混合気を吸い込んで圧縮した後、燃焼させ、このときに発生する燃焼圧力を動力に変換して外部に出力する。エンジン 2 0 0 の動作は、エンジン制御用の電子制御ユニット (以下、エンジン ECU) 2 6 0 によって制御されている。また、エンジン 2 0 0 は、混合気の圧縮比率を表す指標の圧縮比を、運転条件に応じて変更することが可能である。エンジン 2 0 0 の詳細な構造については、後述する。

## 【0 0 3 1】

プラネタリギア 140 は、中心部に設けられたサンギア 142 と、サンギア 142 の外側に同心円状に設けられたリングギア 148 と、サンギア 142 とリングギア 148 との間に配置されてサンギア 142 の外周を自転しながら公転する複数のプラネタリピニオンギア 144 と、エンジンのクランクシャフト 114 の端部に結合されて各プラネタリピニオンギア 144 の回転軸を軸支するプラネタリキャリア 146 とから構成されている。サンギア 142 は、サンギア軸 141 を介して MG1 のロータ 123 に結合され、リングギア 148 は、リングギア軸 147 を介して MG2 のロータ 133 に結合されている。プラネタリキャリア 146 は、エンジンのクランクシャフト 114 に結合されている。

#### 【0032】

このような構成のプラネタリギア 140 は、サンギア軸 141、リングギア軸 147、クランクシャフト 114 の 3 軸が動力の入出力軸とされ、3 軸の中のいずれか 2 軸へ入出力される動力が決定されると、残余の 1 軸に入出力される動力が決定される。リングギア 148 にはチェーンベルト 174 が接続されており、動力はチェーンベルト 174 および車軸 170 を介して駆動輪 172 に伝達されて、ハイブリッド車両 100 を駆動する。

#### 【0033】

MG1 は、交流同期電動機であり、外周面に複数の永久磁石 122 を有するロータ 123 と、回転磁界を形成する三相コイル 124 が巻回されたステータ 125 などから構成されている。ステータ 125 はケース 138 に固定されており、ロータ 123 は、前述したように、プラネタリギア 140 のサンギア軸 141 に結合されている。また、サンギア軸 141 には、ロータ 123 の回転角度を検出するレゾルバ 126 が設けられている。MG1 は、インバータ 152 を介してモータ ECU 156 に接続されている。モータ ECU 156 はインバータ 152 を制御することによって、バッテリー 150 から三相コイル 124 に適切な周波数で適切な電流値の交流電流を供給し、これによって MG1 の動作を制御している。

#### 【0034】

MG2 も、MG1 と同様の交流同期電動機であり、外周面に複数の永久磁石 132 を有するロータ 133 と、回転磁界を形成する三相コイル 134 が巻回され

たステータ 135 などから構成されている。MG 2 のロータ 133 はプラネタリギア 140 のリングギア軸 147 に結合され、ステータ 135 はケース 138 に固定されている。また、リングギア軸 147 にはロータ 133 の回転角度を検出するレゾルバ 136 が設けられている。MG 2 は、インバータ 154 を介してモータ ECU 156 に接続され、モータ ECU 156 は、インバータ 154 を制御することによって MG 2 の動作を制御している。

#### 【0035】

ハイブリッド車両 100 には、車両全体の制御を司るハイブリッド ECU 160 が搭載されている。ハイブリッド ECU 160 は、CPU や、RAM、ROM、A/D 変換器、D/A 変換器、タイマなどがバスを介して相互にデータをやり取り可能に接続された周知のマイクロコンピュータである。ハイブリッド ECU 160 は、アクセルポジションセンサ 162 や、ブレーキスイッチ 164、あるいはバッテリー 150 などの種々の情報を検出して車両全体としての運転条件を決定し、これに基づいてエンジン ECU 260 およびモータ ECU 156 が、それぞれエンジン 200 および MG 1、MG 2 の動作を制御している。

#### 【0036】

A-2. ハイブリッド車両の動作の概要：

以上のような構成を有するハイブリッド車両 100 の動作原理、特にプラネタリギア 140 の機能について説明する。プラネタリギア 140 は、サンギア軸 141、リングギア軸 147、クランクシャフト 114 の 3 軸の中のいずれか 2 軸へ入出力される動力（すなわち、回転速度およびトルク）が決定されると、残余の 1 軸に入出力される動力（回転速度およびトルク）が決定される構造となっている。これら 3 軸間に入出力される回転速度およびトルクの関係は、共線図を用いて容易に求めることができる。

#### 【0037】

図 2 (a) は、プラネタリギア 140 の 3 軸に接続された各ギアの回転速度および回転方向の関係を示す共線図である。ここで、縦軸は各ギア（サンギア 142、リングギア 148、プラネタリキャリア 146）の回転速度、すなわち、エンジン 200、MG 2、MG 1 の回転速度を表している。一方、横軸は各ギアの



ギア比を表している。リングギア 148 の歯数に対するサンギア 142 の歯数を  $\rho$  とすると、プラネタリキャリア 146 に対応する縦軸は、サンギア 142 とリングギア 148 との間を  $1:\rho$  に内分する座標位置にくる。

#### 【0038】

今、プラネタリキャリア 146 すなわちエンジン 200 の回転速度を  $N_e$  とし、リングギア 148 すなわち MG 2 の回転速度を  $N_r$  とする。図 2 (a) に示した共線図上で、プラネタリキャリアを表す座標軸 C に回転速度  $N_e$  をプロットし、リングギアを表す座標軸 R に回転速度  $N_r$  をプロットして、両プロット点を直線で結ぶ。このような直線を考えると、サンギア 142 すなわち MG 1 の回転速度  $N_s$  は、得られた直線とサンギアを表す座標軸 S との交点の座標として求めることができる。このような直線は動作共線と呼ばれる。このように、プラネタリキャリア 146, リングギア 148, サンギア 142 の中のいずれか 2 つの回転速度が決定されれば、共線図上に 2 つの座標点をプロットして両プロット点を結ぶ動作共線を考えることにより、他の 1 つの回転速度を求めることができる。これは、次のようなことを意味している。今、車軸に接続されたリングギア 148 をある回転速度で回転させようとするとき、MG 1 に接続されたサンギア 142 の回転速度の選び方によって、プラネタリキャリア 146 の回転速度（すなわちエンジン 200 の回転速度）を任意に選択することが可能である。

#### 【0039】

次に、プラネタリギア 140 の 3 軸間に入出力されるトルクの関係について説明する。共線図上でトルクを求めるには、動作共線をあたかも剛体のように扱って、トルクを剛体に作用する力のように扱う。例えば、エンジン 200 がトルク  $T_e$  を発生し、駆動輪 172 からトルク  $T_r$  を出力する場合を考える。駆動輪 172 から出力するトルクは、動作共線上では座標軸 R 上にかかる反力トルク  $T_r$  として表れる。

#### 【0040】

今、座標軸 C の位置で動作共線に下からトルク  $T_e$  を作用させる。そして、図 2 (a) に示すように、このトルク  $T_e$  が、座標軸 S 上と座標軸 R 上とに分配されて作用していると考え。ここで、座標軸 S 上にかかるトルクをトルク  $T_{es}$  と

すると、トルク  $T_{es}$  は、

$$T_{es} = T_e \cdot \rho / (1 + \rho) \quad \cdots (1)$$

となり、また座標軸 R 上にかかるトルクをトルク  $T_{er}$  とすると、トルク  $T_{er}$  は、

$$T_{er} = T_e / (1 + \rho) \quad \cdots (2)$$

として表される。

#### 【0 0 4 1】

今、駆動輪 1 7 2 からトルク  $T_r$  を出力しようとする場合、エンジン 2 0 0 からはトルク  $T_{er}$  が分配されるから、不足分のトルク  $T_r - T_{er}$  を MG 2 から出力してやればよい。これを、動作共線上でトルクの釣り合いを考えることにより、次のように求めることもできる。まず、駆動輪 1 7 2 からトルク  $T_r$  を出力する場合、動作共線上では、座標軸 R の位置に反力トルク  $T_r$  がかかる。そこで、座標軸 R 上で、エンジン 2 0 0 から分配されたトルク  $T_{er}$  と、反力トルク  $T_r$  と、MG 2 の出力トルクとを釣り合わせるために、MG 2 が出力すべきトルク  $T_{m2}$  は、 $T_{m2} = T_r - T_{er}$  と求めることができる。

#### 【0 0 4 2】

また、座標軸 S 上での釣り合いを考えれば、MG 1 が出力すべきトルク  $T_{m1}$  を求めることができる。すなわち、座標軸 S には、エンジン 2 0 0 から分配されるトルク  $T_{es}$  しかかかっていないから、MG 1 からは、これと同じ値のトルクを逆方向に出力してやればよい。図 2 では、MG 1、MG 2 がそれぞれ発生するトルクは、白抜きの矢印で表されている。

#### 【0 0 4 3】

ここで、図 2 (a) の共線図の座標軸 S に示されているように、MG 1 の回転方向とトルク  $T_{m1}$  の向きとは逆方向となっている。これは、MG 1 が発電機として動作していることを表している。また、座標軸 R に示されているように、MG 2 の回転方向とトルク  $T_{m2}$  の向きとは同じ向きとなっている。これは、MG 2 が電動機として動作していることを表している。すなわち、図 2 (a) の共線図で表された動作状態は、MG 1 で発電しつつ、MG 2 で電力を消費している状態となっている。図 2 (a) の場合に限らず、MG 1、MG 2 の回転速度と発生トルクとは、動作共線によって定まる所定の関係が成り立っており、通常の運転状態

では、MG 1 で発電した分だけ MG 2 で消費される関係が成り立つ。これを換言すれば、プラネタリギア 1 4 0 と MG 1 および MG 2 は、次のようなトルク変換の機能を有しているとも考えることもできる。すなわち、リングギア 1 4 8 から、回転速度  $N_r$  でトルク  $T_r$  を出力しなければならないとき、このときの仕事率（＝回転速度×トルク）と等しい仕事率となるような回転速度およびトルクでエンジン 2 0 0 を運転しておきさえすれば、プラネタリギア 1 4 0 と MG 1 および MG 2 の機能によって、回転速度とトルクをそれぞれ  $N_r$  および  $T_r$  に変換してリングギア 1 4 8 から出力することが可能と考えることもできる。ここで仕事率とは、単位時間あたりにする仕事あるいは出力するエネルギーである。

#### 【 0 0 4 4 】

次に、MG 2 の有するアシスト機能について説明する。まず、リングギア 1 4 8 から出力するべきトルク  $T_r$  が  $d T_r$  だけ増加した場合を考える。このとき、座標軸 R に加わる反力トルクも増加するから、エンジンの出力トルク  $T_e$  を、この反力トルクと釣り合うまで増加させればよい。しかし、エンジンが最大トルクで運転されているなど、トルクを増加させる余裕が残っていない場合は、MG 2 から出力するトルクを増加させることによって、座標軸 R 上でのトルクの釣り合いを取ることになる。図 2 (b) は、このように、エンジンの出力トルク  $T_e$  はそのままに、MG 2 の出力トルクを増加させて、座標軸 R 上でのトルクを釣り合わせている様子を概念的に表している。図示した例では、反力トルクが  $d T_r$  だけ増加していることに対応して、MG 2 の出力トルクを  $T_{as}$  だけ増加させて、トルクの釣り合いを取っている。MG 2 の出力トルクを増加分は、MG 1 での発電によって賄うことはできないから、増加分の電力はバッテリー 1 5 0 に蓄えられた電力から供給されることになる。本明細書中では、このように、バッテリー 1 5 0 に蓄えられた電力を用いて MG 2 からトルクを出力することにより、エンジン 2 0 0 が出力している以上の動力を駆動軸に伝える機能を、「MG 2 のアシスト機能」と呼ぶ。エンジンが出力可能なトルクには限界があるから、アシスト機能を用いれば、駆動軸に対して更に大きな動力を出力することが可能となる。

#### 【 0 0 4 5 】

A-3. 可変圧縮比エンジンの構成：

次に、圧縮比を変更可能なエンジン 200 の構成について説明する。図 3 は、本実施例のエンジン 200 の構成を概念的に示した説明図である。図示されているように、エンジン 200 は、大きくはシリンダヘッド 220 と、シリンダブロック ASSY 230 と、メインムービング ASSY 240 と、吸気通路 250 と、排気通路 258 と、前述したエンジン ECU 260 などから構成されている。

#### 【0046】

シリンダブロック ASSY 230 は、シリンダヘッド 220 が取り付けられるアップーブロック 231 と、メインムービング ASSY 240 が収納されているロアブロック 232 とから構成されている。また、アップーブロック 231 とロアブロック 232 との間にはアクチュエータ 233 が設けられており、アクチュエータ 233 を駆動することで、アップーブロック 231 をロアブロック 232 に対して上下方向に移動させることが可能となっている。また、アップーブロック 231 の内部には円筒形のシリンダ 234 が形成されている。

#### 【0047】

メインムービング ASSY 240 は、シリンダ 234 の内部に設けられたピストン 241 と、ロアブロック 232 の内部で回転するクランクシャフト 243 と、ピストン 241 をクランクシャフト 243 に接続するコネクティングロッド 242 などから構成されている。これらピストン 241、コネクティングロッド 242、クランクシャフト 243 はいわゆるクランク機構を構成しており、クランクシャフト 243 が回転するとそれにつれてピストン 241 がシリンダ 234 内で上下方向に摺動し、逆に、ピストン 241 が上下に摺動すればクランクシャフト 243 がロアブロック 232 内で回転するようになっている。シリンダブロック ASSY 230 にシリンダヘッド 220 を取り付けると、シリンダヘッド 220 の下面側（アップーブロック 231 に接する側）とシリンダ 234 とピストン 241 とで囲まれた部分に燃焼室が形成される。従って、アクチュエータ 233 を用いてアップーブロック 231 を上方に移動させれば、これに伴ってシリンダヘッド 220 も上方に移動して燃焼室内の容積が増加するので、圧縮比を小さくすることができる。逆に、アップーブロック 231 とともにシリンダヘッド 220 を下方に動かせば、燃焼室内の容積が減少して圧縮比を大きくすることができ

る。

#### 【0 0 4 8】

シリンダヘッド 2 2 0 には、燃焼室内に空気を取り入れるための吸気ポート 2 2 3 と、燃焼室内から排気ガスを排出するための排気ポート 2 2 4 とが形成されており、吸気ポート 2 2 3 が燃焼室に開口する部分には吸気バルブ 2 2 1 が、また、排気ポート 2 2 4 が燃焼室に開口する部分には排気バルブ 2 2 2 が設けられている。吸気バルブ 2 2 1 および排気バルブ 2 2 2 は、ピストン 2 4 1 の上下動に合わせて、それぞれカム機構によって駆動される。こうしてピストンの動きに同期させて吸気バルブ 2 2 1 および排気バルブ 2 2 2 を、それぞれ適切なタイミングで開閉すれば、燃焼室内に空気を吸入したり、あるいは燃焼室内から排気ガスを排出することができる。また、シリンダヘッド 2 2 0 には、燃焼室内に形成された混合気に火花を飛ばして点火するための点火プラグ 2 2 7 も設けられている。

#### 【0 0 4 9】

シリンダヘッド 2 2 0 の吸気ポート 2 2 3 には、外気をシリンダヘッド 2 2 0 まで導くための吸気通路 2 5 0 が接続されており、吸気通路 2 5 0 の上流側端部にはエアクリーナ 2 5 1 が設けられている。燃焼室内に吸入される空気は、エアクリーナ 2 5 1 でゴミなどの異物を取り除かれた後、吸気通路 2 5 0、吸気ポート 2 2 3 を経由して燃焼室に流入する。吸気通路 2 5 0 には、スロットルバルブ 2 5 2 や燃料噴射弁 2 5 5 などが設けられており、電動アクチュエータ 2 5 3 でスロットルバルブ 2 5 2 の開度を制御すれば、燃焼室内に流入する空気量を制御することができる。燃料は、燃料噴射弁 2 5 5 から吸気ポート 2 2 3 に向かって噴射される。噴射された燃料噴霧は、一部が吸気ポート 2 2 3 内で気化した状態で、残りは燃料噴霧あるいは燃料液膜の状態で燃焼室内に流入した後、燃焼室内で気化しつつ空気と混合して混合気を形成する。また、吸気通路 2 5 0 には吸気圧センサ 2 5 6 が設けられており、吸気通路内の圧力を検出することが可能となっている。

#### 【0 0 5 0】

シリンダヘッド 2 2 0 の排気ポート 2 2 4 には排気通路 2 5 8 が接続されてお

り、燃焼室から排出された排気ガスは、排気通路 2 5 8 によって外部に導かれて放出される。

#### 【 0 0 5 1 】

圧縮比を切り換えるための制御は、エンジン E C U 2 6 0 が司っている。エンジン E C U 2 6 0 に内蔵された R O M には、エンジンに要求されるトルクとエンジン回転速度とをパラメータとするマップの形式で、運転条件に応じた圧縮比が設定されている。図 4 は、こうした圧縮比のマップを概念的に示した説明図である。尚、図 4 では、圧縮比は高圧縮比および低圧縮比の二段階に切り換えるものとしているが、もちろん、より多くの圧縮比に切り換えることも可能である。エンジン E C U 2 6 0 は、クランクシャフト 2 4 3 に設けられたクランク角センサ 2 6 1 の出力に基づいて、エンジン回転速度を検出する。また、エンジンが出力すべき要求トルクについては、ハイブリッド E C U 1 6 0 から指示を受ける。エンジン E C U 2 6 0 は、こうして得られた要求トルクとエンジン回転速度とに基づいて、図 4 に示すマップから設定すべき圧縮比を読み出し、アクチュエータ 2 3 3 を駆動することによってエンジン 2 0 0 の圧縮比を設定する。こうすれば、大きなトルクを出力する必要があるときには、圧縮比を低く設定することによってノッキングの発生を回避しつつ十分なトルクを発生させ、逆に、出力すべきトルクが小さいときには、圧縮比を高くすることでエンジンの熱効率を向上させることが可能である。

#### 【 0 0 5 2 】

こうした圧縮比の切り換えの他にも、エンジン E C U 2 6 0 は、クランクシャフト 2 4 3 に設けられたクランク角センサ 2 6 1 や、吸気圧センサ 2 5 6 などから必要な情報を取り込んで、点火プラグ 2 2 7、燃料噴射弁 2 5 5、電動アクチュエータ 2 5 3 などを駆動することにより、エンジン 2 0 0 全体の動作を制御している。

#### 【 0 0 5 3 】

上述したように、エンジン 2 0 0 は運転条件に応じて圧縮比を切り換えることが可能であり、これによって、熱効率と最大出力とを共に向上させることが可能である。とはいえ、圧縮比を切り換えるためには、ある程度のエネルギーが必要で

あり、従って、頻繁に切り換えたのでは、このために大きなエネルギーを消費して、エンジン全体としての効率が低下してしまう。更に、圧縮比の切り換えには、ある程度の時間が掛かるので、頻繁に圧縮比を切り換えたのでは、エンジンの操作者に違和感を与えることも懸念される。加えて、圧縮比が異なればエンジンの運転条件も異なるから、エンジンの出力も異なっているのが通常である。従って、圧縮比を頻繁に切り換えたのでは、出力の違いが操作者に違和感を与えるおそれがあり、これを回避するために複雑な制御をしなければならないことも考えられる。本実施例のハイブリッド車両 100 では、MG 2 のアシスト機能を活用することで、エンジン 200 の有するこうした課題を効果的に解決することが可能である。以下、これについて説明する。

#### 【0054】

B. 第 1 実施例の運転制御：

図 5 は、上述したハイブリッド車両 100 において、エンジン 200、MG 1、MG 2 の動作を制御することで、車両の運転状態を制御する処理の流れを示したフローチャートである。かかる処理は、主にハイブリッド ECU 160 によって実行される処理であり、MG 2 のアシスト機能を有効に活用することによって、エンジン 200 の圧縮比を適切に切り換えることが可能となっている。以下、こうした第 1 実施例の運転制御について説明する。

#### 【0055】

第 1 実施例の運転制御を開始すると、ハイブリッド ECU 160 は先ず初めに、車両およびエンジンの運転状態を検出する処理を行う（ステップ S100）。車両の運転状態としては、アクセルペダルの踏み込み量およびリングギア 148 の回転速度  $N_r$  を使用する。アクセルペダルの踏み込み量は、アクセルペダルに設けられたアクセルポジションセンサ 162 を用いて検出することができ、リングギア 148 の回転速度  $N_r$  は、MG 2 に設けられたレゾルバ 136 を用いて検出することができる。また、エンジンの運転状態としては、エンジン回転速度  $N_e$  を検出する。前述したように、エンジン回転速度  $N_e$  は、クランク角センサ 261 の出力から算出することが可能である。

#### 【0056】

次いで、アクセルペダルの踏み込み量とリングギア 148 の回転速度  $N_r$  とに基づいて、車両要求トルク  $T_{rq}$  とエンジン要求トルク  $T_{re}$  とを算出する処理を行う（ステップ S102）。ここで、車両要求トルク  $T_{rq}$  とは、車両の運転者の要求に応じて、リングギア 148 から出力すべきトルクである。また、エンジン要求トルク  $T_{re}$  とは、リングギア 148 から車両要求トルク  $T_{rq}$  を出力するために、エンジン 200 が出力しなければならないトルクである。これら車両要求トルク  $T_{rq}$  およびエンジン要求トルク  $T_{re}$  は、次のようにして算出する。

#### 【0057】

そもそもアクセルペダルは、車両の運転者が出力トルクが不足と感じたときに踏み込まれるものであるから、アクセルペダルの踏み込み量（アクセルポジションセンサ 162 の出力）は運転者の欲しているトルク（すなわち車両要求トルク  $T_{rq}$ ）を反映したものとなっている。更に、アクセルペダルの操作量は、車両の走行速度（すなわちリングギア 148 の回転速度）によっても少しずつ異なっている。そこで、アクセルペダルの踏み込み量とリングギアの回転速度  $N_r$  とをパラメータとして、車両の運転者が要求するトルクを実験的に求めておき、マップの形式でハイブリッド ECU 160 の ROM に記憶しておく。ステップ S102 では、こうしたマップを参照することによって、車両要求トルク  $T_{rq}$  を算出する。

#### 【0058】

こうして算出した車両要求トルク  $T_{rq}$  が求められたら、次のようにしてエンジン要求トルク  $T_{re}$  を算出する。まず、リングギア 148 の回転速度は現状の回転速度  $N_r$  から急には変わることができないから、車両要求トルク  $T_{rq}$  が要求されたと言うことは、とりもなおさず、リングギアから仕事率  $T_{rq} \times N_r$  で動力を出力する（換言すれば、単位時間あたりに  $T_{rq} \times N_r$  のエネルギーを出力する）べく要求されていることに等しい。ここで、図 2 を用いて前述したように、プラネタリギア 140 と MG1、MG2 とを用いれば、エンジン 200 の出力をトルク変換してリングギア 148 から出力することができるから、エンジン 200 からは仕事率  $T_{rq} \times N_r$  で動力を出力しておけば足りる。そして、エンジンの回転速度も現在の回転速度  $N_e$  から急には変わることができないから、結局、リングギア



148から車両要求トルク  $T_{rq}$  を出力するためには、エンジン200からは、 $(T_{rq} \times N_r) / N_e$  のトルクを出力しておけばよいことになる。このことからエンジン要求トルク  $T_{re}$  は、

$$T_{re} = (T_{rq} \times N_r) / N_e$$

によって算出されることになる。図5のステップS102では、以上のようにして、車両要求トルク  $T_{rq}$  とエンジン要求トルク  $T_{re}$  とを算出する。

#### 【0059】

次いで、ハイブリッドECU160は、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  を検出する処理を行う（ステップS104）。第1の閾値トルク  $T_{th1}$  は、図4に示すように、エンジン200の圧縮比を高圧縮比と低圧縮比とのいずれに設定するか判断基準となるトルクである。エンジンが出力するトルクが第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さい場合には高圧縮比に設定され、大きい場合には低圧縮比に設定される。ハイブリッドECU160のROMには、エンジン回転速度  $N_e$  に対応する第1の閾値トルク  $T_{th1}$  がマップの形式で予め記憶されており、ステップS104ではマップを参照することにより、ステップS100で先に検出したエンジン回転速度  $N_e$  に対応する第1の閾値トルク  $T_{th1}$  を検出する。

#### 【0060】

こうして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  と第1の閾値トルク  $T_{th1}$  とが求められたら、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも大きいかなんかを判断する（ステップS106）。そして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さければ（ステップS106：no）、エンジン200の圧縮比を高圧縮比に設定する（ステップS112）。圧縮比の設定は、図3に示したアクチュエータ233を駆動することによって行う。すなわち、アクチュエータ233を駆動して、アッパーブロック231とシリンダヘッド220を下げ、ロアブロック232に近づけてやることにより、エンジン200の圧縮比を高圧縮比に設定する。

#### 【0061】

次いで、エンジン200から出力するトルクをエンジン要求トルク  $T_{re}$  に設定した後（ステップS114）、エンジン・モータ制御を行う（ステップS124）。

）。エンジン・モータ制御では、エンジン200からエンジン要求トルク $T_{re}$ を出力し、モータECU156がMG1およびMG2を制御することによって前述したトルク変換を行って、リングギア148から車両要求トルク $T_{rq}$ を出力する。ここで、エンジン200の制御は、エンジンECU260によって行われる。すなわち、設定されたトルク（ここでは、エンジン要求トルク $T_{re}$ ）を発生するように、スロットルバルブ252の開度、燃料噴射量、点火時期などが制御される。また、MG1およびMG2の回転速度と発生トルクは、モータECU156によって制御される。すなわち、モータの回転速度は印加する交流電流の周波数によって、モータの発生トルクは印加する電流値によって制御することが可能であり、モータECU156は、ハイブリッドECU160の制御の下で、MG1およびMG2が、それぞれ適切な回転速度で適切なトルクを発生するように制御を行う。こうして、ハイブリッドECU160の制御の下で、エンジンECU260およびモータECU156が、それぞれエンジン200とMG1とMG2とを適切に制御することによって、車両の運転者の要求に応じた車両要求トルク $T_{rq}$ がリングギア148から出力される。

#### 【0062】

ステップS106において、エンジン要求トルク $T_{re}$ が第1の閾値トルク $T_{th1}$ よりも大きいと判断された場合は（ステップS106：yes）、第2の閾値トルク $T_{th2}$ を算出する（ステップS108）。ここでは、第2の閾値トルク $T_{th2}$ は、第1の閾値トルク $T_{th1}$ に所定値を加算することによって算出するものとする。もちろん、他の方法によって第2の閾値トルク $T_{th2}$ を求めることも可能である。例えば、第1の閾値トルク $T_{th1}$ と同様に、第2の閾値トルク $T_{th2}$ をマップに設定しておき、このマップを参照することによって第2の閾値トルク $T_{th2}$ を求めることとしても良い。

#### 【0063】

次いで、エンジン要求トルク $T_{re}$ と第2の閾値トルク $T_{th2}$ との大小関係を判断する（ステップS110）。そして、エンジン要求トルク $T_{re}$ の方が小さければ（ステップS110：no）、エンジン200の圧縮比を高圧縮比に設定した後（ステップS116）、エンジン200が出力するトルクを第1の閾値トルク

Tth1 に設定して（ステップS 118）、エンジン・モータ制御を行う（ステップS 124）。この場合は、リングギア148から出力すべき車両要求トルク $T_{rq}$ に対して、エンジン200からは第1の閾値トルクTth1 しか出力していないから、足りない分のトルクはMG 2のアシスト機能によって補われることになる。

#### 【0064】

一方、ステップS 110において、第2の閾値トルクTth2 よりもエンジン要求トルク $T_{re}$ の方が大きいと判断された場合は（ステップS 110：y e s）、エンジン200の圧縮比を低圧縮比に設定した後（ステップS 120）、エンジン200が出力するトルクをエンジンの最大トルク $T_{max}$  に設定して、エンジン・モータ制御を行う（ステップS 124）。この場合は、エンジン200からは最大トルク $T_{max}$  を出力し、それでも足りない分のトルクは、MG 2のアシスト機能によって補われながら運転されることになる。

#### 【0065】

以上のようにして、車両の運転者が要求する車両要求トルク $T_{rq}$ に応じて、エンジン200とMG 1とMG 2の制御を行った後、運転者によって車両の停止が指示されたか否かを判断する（ステップS 228）。停止する旨の指示がされていない場合は、ステップS 100に戻り、車両の停止が指示されるまで上述した一連の処理を繰り返す。

#### 【0066】

以上に説明したように、上述した第1実施例の運転制御においては、エンジン要求トルク $T_{re}$ と第1の閾値トルクTth1 および第2の閾値トルクTth2 との大小関係に応じて、エンジン200の圧縮比とMG 2によるアシストの有無とが切り換えられることになる。この結果、エンジン200の圧縮比を適切に切り換えることで、高い熱効率を維持したまま、運転者の操作性を大幅に改善することが可能となる。以下、この理由について、図6を参照しながら説明する。

#### 【0067】

図6は、エンジン要求トルク $T_{re}$ に応じて、エンジン200の圧縮比と、MG 2によるアシスト状態とが切り換わる様子を概念的に示した説明図である。図示

されているように、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  および第2の閾値トルク  $T_{th2}$  は、それぞれ、エンジン回転速度に対して予め定められている。尚、エンジン200が出力可能な最大トルク  $T_{max}$  は、図6中では破線で示されている。図中で斜線が付された領域は、MG2によってアシストを行う領域を示している。斜線が付された領域が、破線で示した最大トルク  $T_{max}$  よりも高トルクの領域にまで及んでいることから明らかなように、MG2のアシスト機能を活用すれば、エンジン200の最大トルク  $T_{max}$  を超えるトルクも出力することが可能である。

#### 【0068】

エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さい領域では、エンジン200は高圧縮比で且つMG2でアシストすることなく運転される。例えば、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が、図6中に白抜きの星印で示したトルクであるような場合である。このようなエンジンの負荷が低い領域では、ノッキングが発生するおそれがないので高圧縮比に設定することが可能であり、従って、高い熱効率でエンジン200を運転することが可能である。

#### 【0069】

エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも大きく、第2の閾値トルク  $T_{th2}$  よりも小さい領域では、エンジン200とMG2とでトルクを分担して出力する。例えば、エンジン要求トルク  $T_{re}$  として図6中に黒い星印で表したトルクが要求された場合、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  に相当するトルク  $T_e$  をエンジン200で分担し、足りないトルク  $T_m$  をMG2で分担して出力するのである。こうすれば要求されたトルクが第1の閾値トルク  $T_{th1}$  を超えた場合でも、エンジン200の出力するトルクは依然として第1の閾値トルク  $T_{th1}$  に抑えておくことが可能であり、従ってエンジン200の圧縮比を高圧縮比に設定して熱効率を向上させることが可能となる。

#### 【0070】

また、この様にすることで、車両の操作性を大幅に改善することも可能となる。すなわち、例えばエンジン要求トルク  $T_{re}$  が、図6中に白抜きの星印で示したトルクから黒い星印で示したトルクに増加した場合を想定する。この場合、エンジンに要求されているトルク  $T_{re}$  は、エンジン200が高圧縮比のまま出力可能

なトルク  $T_{th1}$  を超えているにもかかわらず、エンジン 200 の発生トルクは  $T_{th1}$  に抑えられており、不足するトルクを MG 2 からアシストして賄うこととしている。このため、エンジン 200 の圧縮比を切り換える操作が不要となるので、切り換えに伴う違和感を車両の運転者に与えるおそれがない。加えて、MG 2 は速やかにトルクを増加させることができるから、車両の運転者の要求に応じて直ちにトルクを増加させることができ、操作性を大きく向上させることも可能となる。

#### 【0071】

もちろん、MG 2 でアシスト可能なトルクにも限界があるが、図 6 に示した例では、MG 2 は比較的大きなトルクをアシスト可能なモータが使用されており、エンジン 200 を高圧縮比のままトルクをアシストすることで、エンジン 200 の最大トルク  $T_{max}$  以上のトルクまで賄うことが可能となっている。このように、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  は、エンジン 200 を高圧縮比のままで、MG 2 からトルクをアシストして賄うことのできるトルクを表している。

#### 【0072】

尚、前述の説明では、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  は、エンジン 200 が高圧縮比状態で出力可能な最大トルクと、MG 2 がアシスト可能な最大トルクとを加えた値であるものとしたが、もちろん、エンジンのトルクも MG 2 のトルクも若干の余裕を見越して第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  を設定しておくこととしても良い。こうすれば、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  を超えるトルクを速やかに発生させなければならないときに、多少のトルクであれば、エンジンあるいは MG 2 のトルクを増加させて対応することが可能であるという利点が得られる。

#### 【0073】

そして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  より大きい領域では、エンジン 200 を低圧縮比に切り換えて最大トルク  $T_{max}$  を出力し、不足するトルクは MG 2 からアシストしてやる。上述したように、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  はエンジン 200 の最大トルク  $T_{max}$  よりも大きな値に設定されているので、エンジン 200 を低圧縮比に切り換えて出力を増加しただけでは不足、MG 2 のアシスト機能も使用するのである。こうしてエンジンを低圧縮比に設定し、

更に、MG 2 からトルクをアシストしてやれば、十分に大きなトルクを出力することが可能となる。

#### 【0074】

尚、第2の閾値トルク  $T_{th2}$  が、MG 2 の出力トルクに対して若干の余裕を見越して設定されている場合は、次のような利点も得られる。すなわち、圧縮比の切り換えに伴ってエンジンの出力トルクが低下した場合でも、MG 2 の出力トルクを増加させることでトルクの低下を補うことができるので、車両の運転者に違和感を与えることを回避することが可能となる。

#### 【0075】

以上に説明したように、本実施例のハイブリッド車両 100 は、エンジン 200 の圧縮比と、MG 2 によるアシストの有無とを、要求されるトルクに応じて、図6に示すようにして切り換えながら運転する。このため広い運転領域で、エンジン 200 を高圧縮比状態で運転することが可能となり、高い熱効率を維持することができる。また、圧縮比の切り換えは、要求されるトルクが第2の閾値トルク  $T_{th2}$  以上になった場合に初めて発生するので、圧縮比を頻繁に切り換える必要がない。このため、圧縮比の切り換えに大きなエネルギーを消費して、エンジン全体として熱効率が低下するといった事態を招くおそれがない。加えて、要求されるトルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  を超えた場合、エンジンの圧縮比は切り換えることなく、MG 2 からトルクをアシストすることとしているので、速やかにトルクを増加させることができ、車両の操作性を大きく向上させることも可能となる。もちろん、エンジンの圧縮比を切り換えるための制御を行う必要がなくなるので、車両全体の制御を簡素なものとするのが可能である。更に、大きなトルクが要求された場合には、エンジン 200 を低圧縮比に切り換えて、MG 2 からトルクをアシストしてやれば、十分に大きなトルクを出力することが可能であり、車両を快適に運転することが可能となる。

#### 【0076】

尚、上述した実施例では、MG 2 は比較的大きなトルクをアシスト可能なモータであり、第2の閾値トルク  $T_{th2}$  は、エンジンの最大トルク  $T_{max}$  よりも大きくなるものとして説明した。もちろんMG 2 は、このように大きなトルクを出力

可能なモータに限定されるものではなく、図 7 に例示するように、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  がエンジンの最大トルク  $T_{max}$  よりも小さな値となっても構わない。この場合は、要求されるトルク  $T_{re}$  に応じて、エンジン 200 の圧縮比と MG 2 によるアシスト有無の組合せを次のように切り換えながら運転すればよい。まず、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  より小さい領域では、「高圧縮比+アシストなし」の組み合わせで運転する。エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  より大きくなると、エンジンを高圧縮比に保ったまま、MG 2 でアシストしながら運転する。エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  よりも大きくなると、今度はエンジンを低圧縮比に切り換えて発生トルクを増加させる。圧縮比を低くしてやれば、ノッキングに対する余裕ができるので、適切な点火時期とすることで発生トルクを増加させることができる。こうしてエンジンの出力トルクを増加させたことに伴って、MG 2 によるトルクのアシストは中止する。そして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が最大トルク  $T_{max}$  より大きくなったら、再び MG 2 でトルクをアシストしながら運転してやればよい。

#### 【0077】

要求されるトルクに応じて、エンジンの圧縮比とアシストの有無をこのようにして切り換えてやれば、MG 2 として、それほど大きなトルクを発生させる必要がないので、比較的小さなモータを用いることができる。また、図 6 と図 7 とを比較すれば明らかなように、MG 2 でアシストする頻度が低下するので、バッテリー 150 (図 1 参照) を小さな容量のバッテリーとすることが可能となる。

#### 【0078】

これに対して、図 6 に示した場合は、図 7 に示す場合に比べて、MG 2 によるアシスト有無の切り換えが頻繁に発生しないので、制御が複雑になってしまうおそれがない。また、アシスト有無の切り換えに伴って、車両の運転者に違和感を与えるおそれも回避することができるという利点がある。

#### 【0079】

C. 第 2 実施例の運転制御：

上述した第 1 実施例の運転制御においては、エンジンに要求されるトルク  $T_{re}$  に基づいて、圧縮比の切り換えとアシストの有無とを切り換えたが、エンジン要

求トルク  $T_{re}$ に加えて、バッテリー 1 5 0 の充電量も考慮することとしても良い。  
以下では、こうした第 2 実施例の運転制御について説明する。

#### 【0 0 8 0】

図 8 は、第 2 実施例の運転制御の流れを示したフローチャートである。図 5 に示した第 1 実施例の運転制御に対して、バッテリーの充電量が充分か否かを判断している点が大きく異なっており、他の部分はほぼ同じである。以下では、第 1 実施例との相違点に焦点を当てながら、第 2 実施例の運転制御について簡単に説明する。

#### 【0 0 8 1】

第 2 実施例においても第 1 実施例と同様に、ハイブリッド ECU 1 6 0 は、運転制御を開始すると、先ず初めに、車両およびエンジンの運転状態として、アクセルペダルの踏み込み量とリングギア 1 4 8 の回転速度  $N_r$  とを検出する（ステップ S 2 0 0）。次いで、検出した運転条件に基づいて、車両要求トルク  $T_{rq}$  とエンジン要求トルク  $T_{re}$  とを算出する（ステップ S 2 0 2）。車両要求トルク  $T_{rq}$  およびエンジン要求トルク  $T_{re}$  の算出方法については、第 1 実施例と同様であり、ここでは説明を省略する。

#### 【0 0 8 2】

続いて、第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  を検出し（ステップ S 2 0 4）、検出した第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  と、先に算出したエンジン要求トルク  $T_{re}$  との大小関係を判断する（ステップ S 2 0 6）。そして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さい場合は（ステップ S 2 0 6：n o）、第 1 実施例と同様に、エンジン 2 0 0 の圧縮比を高圧縮比に設定した後（ステップ S 2 0 8）、エンジン 2 0 0 の出力トルクを  $T_{re}$  に設定して（ステップ S 2 1 0）、エンジン・モータ制御を行う（ステップ S 2 3 2）。

#### 【0 0 8 3】

ステップ S 2 0 6 においてエンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも大きいと判断された場合は（ステップ S 2 0 6：y e s）、第 2 実施例の運転制御においては、バッテリー 1 5 0 に十分な電力が充電されているか否かを判断する（ステップ S 2 1 2）。ハイブリッド ECU 1 6 0 は、バッテリー 1 5 0 の



放電量と充電量とを絶えず監視しており、バッテリー 150 にどの程度の電力が蓄えられているかを常に把握している。そして、バッテリー 150 の充電量が充分でない場合は（ステップ S 212 : no）、エンジン 200 の圧縮比を低圧縮比に切り換えた後（ステップ S 214）、エンジン 200 の出力トルクをエンジン要求トルク  $T_{re}$  に設定する（ステップ S 216）。すなわち、バッテリー 150 の充電量が充分でない場合は、MG 2 によるトルクのアシストは行わず、エンジン 200 の圧縮比を低くすることで、要求されているトルクを全てエンジン 200 から出力するのである。尚、バッテリー 150 の充電量が充分か否かは、ここでは、充電量と所定の閾値とを比較することによって判断している。

#### 【0084】

一方、バッテリー 150 に十分な電力が蓄えられている場合は（ステップ S 212 : yes）、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  を算出する処理を行う（ステップ S 218）。第 2 実施例の運転制御においても、第 1 実施例と同様に、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  は、第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  に所定値を加算することによって算出する。もちろん、他の方法によって第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  を求めることとしても良い。

#### 【0085】

次いで、エンジン要求トルク  $T_{re}$  と第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  とを比較し（ステップ S 220）、エンジン要求トルク  $T_{re}$  の方が小さければ（ステップ S 220 : no）、エンジン 200 の圧縮比を高圧縮比に設定した後（ステップ S 224）、エンジン 200 が出力するトルクを第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  に設定する（ステップ S 226）。エンジン 200 から出力すべく運転者から要求されているトルクはエンジン要求トルク  $T_{re}$  であるのに対して、エンジン 200 の出力トルクは第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  に設定されている。従って、この状態でエンジン・モータ制御を開始すれば、エンジン 200 は高圧縮比の状態でトルク  $T_{th1}$  を出力し、足りないトルクを MG 2 で補いながら運転されることになる。

#### 【0086】

一方、エンジン要求トルク  $T_{re}$  の方が、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  よりも大きいと判断された場合は（ステップ S 220 : yes）、エンジン 200 の圧縮比を

低圧縮比に設定した後（ステップS228）、エンジン200が出力するトルクをエンジンの最大トルク $T_{max}$ に設定して（ステップS230）、エンジン・モータ制御を行う（ステップS232）。この場合は、エンジン200からは最大トルク $T_{max}$ を出力し、それでも足りない分のトルクは、MG2のアシスト機能によって補われながら運転されることになる。

#### 【0087】

以上のようにして、車両の運転者が要求する車両要求トルク $T_{rq}$ に応じて、エンジン200とMG1とMG2の制御を行った後、運転者によって車両の停止が指示されたか否かを判断する（ステップS234）。停止する旨の指示がされていない場合は、ステップS200に戻り、車両の停止が指示されるまで上述した一連の処理を繰り返す。

#### 【0088】

以上に説明した第2実施例の運転制御においては、エンジン要求トルク $T_{re}$ が第1の閾値トルク $T_{th1}$ を超えた場合でも、バッテリー150の充電量が充分でない場合は、エンジン200を低圧縮比に切り換えて、要求されたすべてのトルク $T_{re}$ をエンジンから出力することで、MG2からトルクをアシストすることなく賄うことができる。その結果、バッテリー150の充電量に応じて、MG2によるアシストの有無を適切に使い分けることができ、バッテリー150を効率よく活用することが可能となる。

#### 【0089】

D. 第3実施例の運転制御：

以上に説明した各種実施例では、圧縮比やアシスト有無の切り換えに時間の経過が考慮されることはなく、従って、運転条件が変わらない限りは、圧縮比やアシスト状態が切り換わることはなかった。しかし、時間の経過を考慮することとして、例えば、エンジンに対する要求トルクが増加した場合でも短時間であればMG2でアシストすることにより、圧縮比の切り換えを抑制することとしても良い。以下では、こうした第3実施例の運転制御について説明する。

#### 【0090】

図9は、第3実施例の運転制御の流れを示したフローチャートである。図5に

示した第1実施例の運転制御に対して、エンジンに対する要求トルク  $T_{re}$  が第2の閾値トルク  $T_{th2}$  を超えた場合の処理が大きく異なっており、他はほぼ同一である。以下では、第1実施例との相違点に焦点を当てながら、第3実施例の運転制御について簡単に説明する。

#### 【0091】

第3実施例においても第1実施例と同様に、先ず初めに、車両およびエンジンの運転状態（すなわち、アクセルペダルの踏み込み量とリングギア148の回転速度  $N_r$ ）とを検出し（ステップS300）、検出した運転条件に基づいて、車両要求トルク  $T_{rq}$  とエンジン要求トルク  $T_{re}$  とを算出する（ステップS302）。次いで、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  を検出し（ステップS304）、エンジン要求トルク  $T_{re}$  と第1の閾値トルク  $T_{th1}$  との大小関係を判断する（ステップS306）。エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さい場合は（ステップS306：no）、エンジン200の圧縮比を高圧縮比に、エンジンの出力トルクを  $T_{re}$  に設定して（ステップS312、S314）、エンジン・モータ制御を行う（ステップS320）。

#### 【0092】

一方、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも大きいと判断された場合は（ステップS306：yes）、第2の閾値トルク  $T_{th2}$  を算出して（ステップS308）、エンジン要求トルク  $T_{re}$  と第2の閾値トルク  $T_{th2}$  とを比較する（ステップS310）。ここでは、第2の閾値トルク  $T_{th2}$  は、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  に所定値を加算することによって算出する。そして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  の方が小さい場合は（ステップS310：no）、前述した第1実施例と同様に、エンジン200の圧縮比を高圧縮比に設定した後（ステップS316）、エンジン200が出力するトルクを第1の閾値トルク  $T_{th1}$  に設定して（ステップS318）、エンジン・モータ制御を行う（ステップS320）。これに対して、エンジン要求トルク  $T_{re}$  の方が第2の閾値トルク  $T_{th2}$  よりも大きい場合は、圧縮比の切り換えを伴ったエンジン・モータ制御を行う（ステップS322）。圧縮比の切り換えを伴ったエンジン・モータ制御の詳細については後述する。

**【0093】**

こうして、エンジン要求トルク  $T_{re}$  に応じて圧縮比とアシストの有無とを切り換えながら、エンジン、MG 1、MG 2 を制御することによって車両を走行させる。次いで、運転者によって車両の停止が指示されたか否かを判断し（ステップ S 3 2 4）、停止する旨の指示がされていない場合は、ステップ S 3 0 0 に戻って、車両の停止が指示されるまで上述した一連の処理を繰り返す。

**【0094】**

次に、第3実施例の運転制御中で実施される圧縮比の切り換えを伴ったエンジン・モータ制御について説明する。図10は、かかる制御の流れを示したフローチャートである。また図11は、図10に示した制御を行いながら、エンジン200を高圧縮比から低圧縮比に切り換える様子を概念的に示した説明図である。図では、高圧縮比でアシストなしの状態から、低圧縮比でアシストありの状態に切り換わる場合を想定している。以下では、図11を参照しながら、図10のフローチャートに従って説明する。

**【0095】**

図10のエンジン・モータ制御を開始すると、先ず初めに、タイマーを所定時間  $dT$  にセットした後（ステップ S 4 0 0）、直ちにMG 2のアシストトルクを増加させて、エンジンに要求された全トルクをリングギア148から出力する（ステップ S 4 0 2）。

**【0096】**

図11に示した例では、時刻  $T_a$  において、運転者が要求するエンジン要求トルク  $T_{re}$  が、第1の閾値トルク  $T_{th1}$  以下の値から第2の閾値トルク  $T_{th2}$  を超える値に、ステップ的に増加した場合を表している。図6を用いて前述したように、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が第1の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さい場合は、高圧縮比で且つアシストなしの状態で運転され、これに対応して図11では、時刻  $T_a$  までは、MG 2はトルクをアシストすることなく運転されている。図11では、エンジン200の発生するトルクを破線で示し、MG 2の発生するアシストトルクを実線で表している。そして、時刻  $T_a$  でエンジン要求トルク  $T_{re}$  が第2の閾値トルク  $T_{th2}$  に増加すると、エンジン200の出力トルクを第1の閾値ト

ルク  $T_{th1}$  まで増加させ、残りのトルク ( $= T_{re} - T_{th1}$ ) を MG 2 からアシストする。

#### 【0097】

エンジン要求トルク  $T_{re}$  がステップ的に増加してから所定時間  $dT$  が経過するまでは、こうして、エンジン 200 からは第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  を、残りのトルクは MG 2 からアシストした状態を、そのまま保持しておく。かかる処理は、図 10 のフローチャートでは、ステップ S 404 の処理に対応する。そして、所定時間  $dT$  が経過しても未だエンジン要求トルク  $T_{re}$  が第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  よりも大きいことを確認して、エンジン 200 の圧縮比を高圧縮比から低圧縮比に切り換える (ステップ S 406)。圧縮比の切り換えに際しては、エンジン 200 の点火時期を固定したまま、MG 2 でトルクを補償しながら圧縮比を切り換える。この様子を、図 11 を参照することにより説明する。

#### 【0098】

図 11 では、時刻  $T_a$  でタイマーをセットしてから所定時間  $dT$  が経過すると、時刻  $T_b$  となっている。そこで、時刻  $T_b$  からエンジン 200 の圧縮比の切り換えを開始する。前述したように、圧縮比の切り換えにはシリンダヘッド 220 とアッパーブロック 231 とをロアブロック 232 に対して動かす必要があるもので、切り換えには、どうしてもある程度の時間が必要となる。図 11 では、時刻  $T_b$  から時刻  $T_c$  に亘って、徐々に圧縮比が切り変わっている様子を表している。

#### 【0099】

本実施例では、この様に圧縮比が切り換わっている間の点火時期は、高圧縮比状態の点火時期に固定されている。通常は、圧縮比が異なれば、最適な点火時期も異なっているから、圧縮比が徐々に変化すれば最適な点火時期も徐々に変化する。本実施例では、点火時期を固定したまま圧縮比を変更しているので、圧縮比が変化するに従って、点火時期が最適な点火時期から隔たっていくことになり、この結果、エンジン 200 の発生するトルクは減少していく。このトルクの減少を、MG 2 のアシストトルクを増加することによって補償する。図 11 中の時刻  $T_b$  から時刻  $T_c$  にかけては、破線で示したエンジンの発生トルクが徐々に減少

し、実線で示したアシストトルクを増加させて、これを補償している様子が表されている。

#### 【0100】

こうして、エンジン200を低圧縮比に切り換えたら、時刻 $T_c$ から時刻 $T_d$ にかけて、点火時期を低圧縮比時の最適な値に変更する。すなわち、圧縮比の変更時には、点火時期を高圧縮比時の最適値に固定されていたので、低圧縮比への切り換え完了後に、低圧縮比時の最適点火時期に変更するのである。こうして点火時期を最適化することによってエンジン200の発生するトルクは増加するので、その分だけMG2のアシストトルクを減少させる。図11中の時刻 $T_c$ から時刻 $T_d$ にかけては、破線で示したエンジンの発生トルクが徐々に増加し、これを補償するために、実線で示したアシストトルクを減少させている様子が表されている。

#### 【0101】

図10中のステップS408では、この様にして、圧縮比の切り換え前の値に固定されていた点火時期を、切り換え後の最適な点火時期に変更し、これに伴うエンジン200の発生トルクの増加を、MG2のアシストトルクを減少させることによって補償する処理を行う。

#### 【0102】

こうして点火時期を切り換えたら、今度は、エンジン200の発生トルクを最大トルク $T_{max}$ まで増加させ、これに合わせて、MG2のアシストトルクを減少させる処理を行う（図10のステップS410）。エンジン200の発生トルクは、スロットルバルブ252を開いてやれば増加させることができる。図11中の時刻 $T_d$ から時刻 $T_e$ にかけては、エンジン200の発生トルクを最大トルク $T_{max}$ まで増加させ、これに応じてMG2でアシストするトルクを減少させている様子が示されている。

#### 【0103】

第3実施例の運転制御中で行われるエンジン・モータ制御では、以上のような処理を行うことで、エンジンの圧縮比およびアシスト有無の切り換えを行う。こうした第3実施例においては、エンジン要求トルク $T_{re}$ が増加した場合でも、直

ちにエンジン 200 の圧縮比を変更するのではなく、MG 2 からトルクをアシストすることによってトルクを増加させ、その状態を所定時間  $dT$  だけ保持してやる。そして、図 11 中に一点鎖線で示したように、所定時間  $dT$  経過する間にエンジン要求トルク  $T_{re}$  が減少した場合には、エンジン 200 の圧縮比の変更は行わない。このため、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が頻繁に変更された場合でも、エンジン 200 の圧縮比が切り換わる頻度を抑制することができるので、圧縮比の切り換えに大きなエネルギーを消費してエンジン全体としての効率を低下させる事態を回避することが可能となる。

#### 【0104】

尚、以上の説明においては、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が増加する場合を例にとって説明したが、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が減少する場合、例えば、第 2 の閾値トルク  $T_{th2}$  より大きな値から第 1 の閾値トルク  $T_{th1}$  よりも小さな値に減少する場合にも効果的に適用することができる。すなわち、エンジン要求トルク  $T_{re}$  が減少した場合でも、直ちにエンジン 200 の圧縮比を変更するのではなく、MG 2 でトルクを吸収しておき、所定時間経過しても依然としてエンジン要求トルク  $T_{re}$  が小さい場合に、エンジン 200 の圧縮比を変更することとしても良い。こうすれば、運転者がエンジンに対して要求するトルク  $T_{re}$  が短時間だけ減少した場合に、エンジン 200 の圧縮比を切り換えずに済むので、切り換え頻度を抑制することができ、延いては圧縮比を切り換えに要するエネルギーを節約してエンジン全体としての効率を向上させることが可能となる。

#### 【0105】

また、第 3 実施例においては、図 11 に示されているように、点火時期を高圧縮比時の点火時期に固定したまま圧縮比の切り換えを行う。圧縮比の切り換えに併せて点火時期も切り換えた場合には、何らかの理由で圧縮比の切り換えに対して点火時期の切り換えが速すぎるとノッキングが発生することがある。これに対して、上述したように、点火時期を高圧縮比の状態に固定したまま圧縮比を切り換えることとすれば、ノッキングの発生を確実に回避しながら圧縮比を切り換えることができる。もちろん、点火時期を固定したまま圧縮比を切り換えることとすれば、切り換え中の点火時期は最適な点火時期とはずれてしまうので、エンジ

ンの発生トルクが減少するが、減少分はMG 2 でアシストしてやれば、車両の運転者に違和感を与えることはない。

#### 【0 1 0 6】

尚、上記の第3実施例においても前述した第2実施例と同様に、バッテリー150の充電量を考慮することも可能である。例えば、バッテリー150の充電量が充分でないと判断された場合は、図10中のステップS404をスキップして、直ちに圧縮比を切り換えることとしても良い。あるいは、ステップS400でタイマーに設定する時間を、所定時間d Tよりも短い時間に設定することとしてもよい。こうしたことを行えば、バッテリー150の充電量が充分でない場合に、電力の消費を抑制することが可能となる。

#### 【0 1 0 7】

以上、各種の実施例について説明してきたが、本発明は上記すべての実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することができる。例えば、上述した実施例では、ハイブリッド車両は、プラネタリギアを用いたいわゆる機械分配式のハイブリッド車両であるものとしたが、電気分配式のハイブリッド車両にも同様に適用することができる。

#### 【0 1 0 8】

また、上述した各種実施例では、本発明の内燃機関をハイブリッド車両に適用した場合について説明したが、必ずしもハイブリッド車両に適用する場合に限定されるものではない。例えば、図12に示すように、本発明の内燃機関の出力を用いて、何らかの負荷を駆動する場合にも、効果的に適用可能であることは言うまでもない。

#### 【0 1 0 9】

更に、内燃機関の圧縮比を変更する機構としては、図3に示したように、ロアブロック232に対して、シリンダヘッド220とアップパブロック231とを移動させるものに限らず、周知な種々の機構を適用することができる。例えば、吸気バルブ221あるいは排気バルブ222の開閉時期を変更することによって、内燃機関の圧縮比を実質的に変更するものであっても構わない。

#### 【図面の簡単な説明】



【図 1】 本実施例の内燃機関を搭載したハイブリッド車両の構成を示す説明図である。

【図 2】 エンジンが出力する動力と 2 つのモータ・ジェネレータで発生する動力との関係を示す共線図である。

【図 3】 可変圧縮機構を搭載した内燃機関の構成を例示した説明図である。

【図 4】 エンジンの回転速度と要求トルクとに応じてエンジンの圧縮比が切り換わる様子を概念的に示した説明図である。

【図 5】 第 1 実施例の運転制御ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図 6】 第 1 実施例の運転制御を行うことにより、エンジンの圧縮比とアシストの有無とが切り換わる様子を例示した説明図である。

【図 7】 第 1 実施例の運転制御を行うことにより、エンジンの圧縮比とアシストの有無とが切り換わる他の態様を例示した説明図である。

【図 8】 第 2 実施例の運転制御ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図 9】 第 3 実施例の運転制御ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図 1 0】 第 3 実施例の運転制御ルーチン中で、圧縮比を切り換えながらエンジン・モータ制御を行う処理の流れを示したフローチャートである。

【図 1 1】 第 3 実施例の運転制御ルーチン中で、圧縮比を切り換えながらエンジン・モータ制御を行う様子を例示した説明図である。

【図 1 2】 本発明の内燃機関を用いて負荷を駆動している様子を概念的に示した説明図である。

#### 【符号の説明】

1 0 0 …ハイブリッド車両

1 1 4 …クランクシャフト

1 2 2 …永久磁石

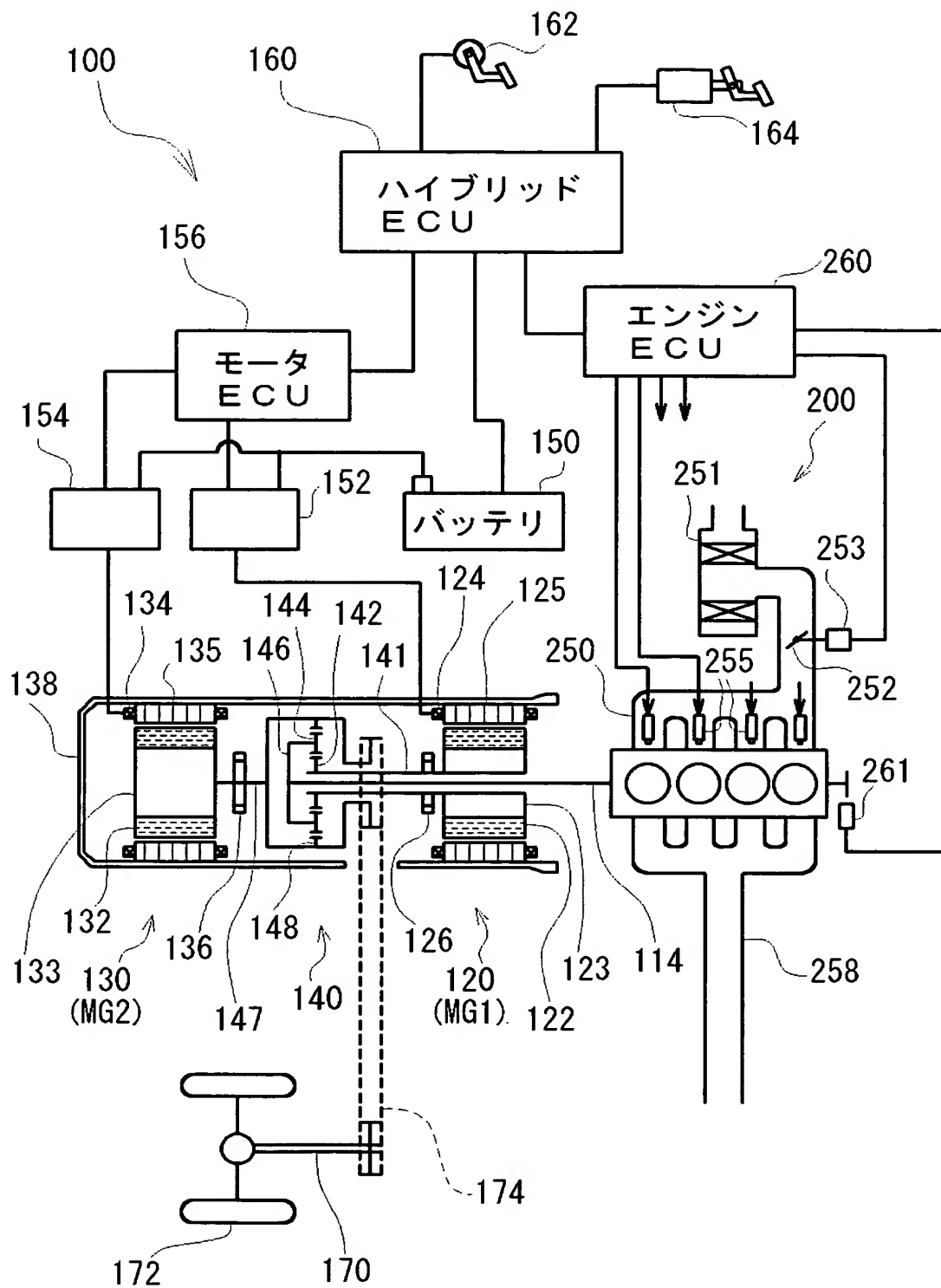
1 2 3 …ロータ

1 2 4 …三相コイル  
1 2 5 …ステータ  
1 2 6 …レゾルバ  
1 3 2 …永久磁石  
1 3 3 …ロータ  
1 3 4 …三相コイル  
1 3 5 …ステータ  
1 3 6 …レゾルバ  
1 3 8 …ケース  
1 4 0 …プラネタリギア  
1 4 1 …サンギア軸  
1 4 2 …サンギア  
1 4 4 …プラネタリピニオンギア  
1 4 6 …プラネタリキャリア  
1 4 7 …リングギア軸  
1 4 8 …リングギア  
1 5 0 …バッテリー  
1 5 2 …インバータ  
1 5 4 …インバータ  
1 5 6 …モータ E C U  
1 6 0 …ハイブリッド E C U  
1 6 2 …アクセルポジションセンサ  
1 6 4 …ブレーキスイッチ  
1 7 0 …車軸  
1 7 2 …駆動輪  
1 7 4 …チェーンベルト  
2 0 0 …エンジン  
2 2 0 …シリンダヘッド  
2 2 1 …吸気バルブ

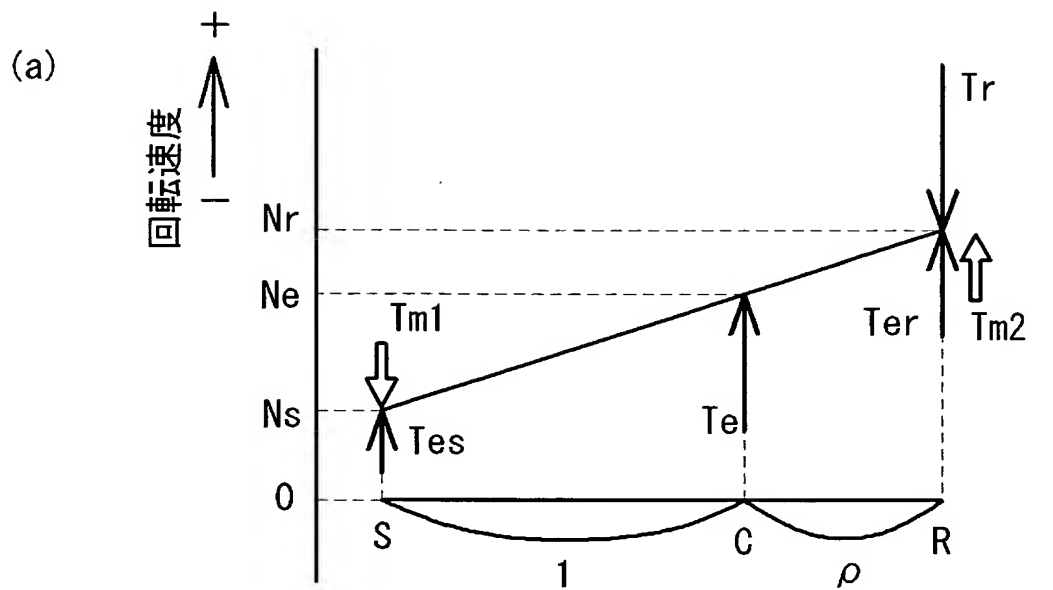
2 2 2 …排気バルブ  
2 2 3 …吸気ポート  
2 2 4 …排気ポート  
2 2 7 …点火プラグ  
2 3 0 …シリンダブロック A S S Y  
2 3 1 …アッパーブロック  
2 3 2 …ロアブロック  
2 3 3 …アクチュエータ  
2 3 4 …シリンダ  
2 4 0 …メインムービング A S S Y  
2 4 1 …ピストン  
2 4 2 …コネクティングロッド  
2 4 3 …クランクシャフト  
2 5 0 …吸気通路  
2 5 1 …エアクリーナ  
2 5 2 …スロットルバルブ  
2 5 3 …電動アクチュエータ  
2 5 5 …燃料噴射弁  
2 5 6 …吸気圧センサ  
2 5 8 …排気通路  
2 6 0 …エンジン E C U  
2 6 1 …クランク角センサ

【書類名】 図面

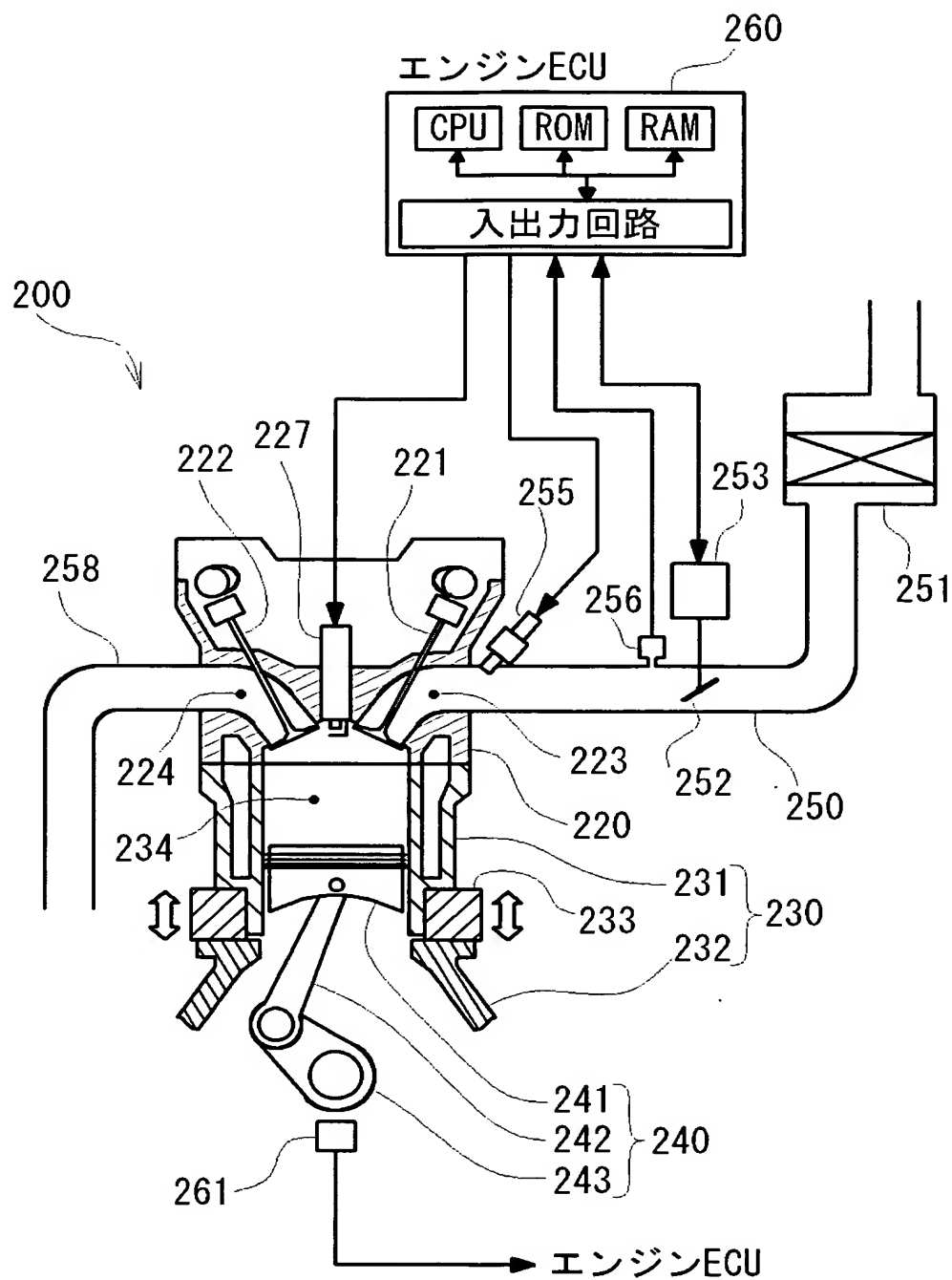
【図 1】



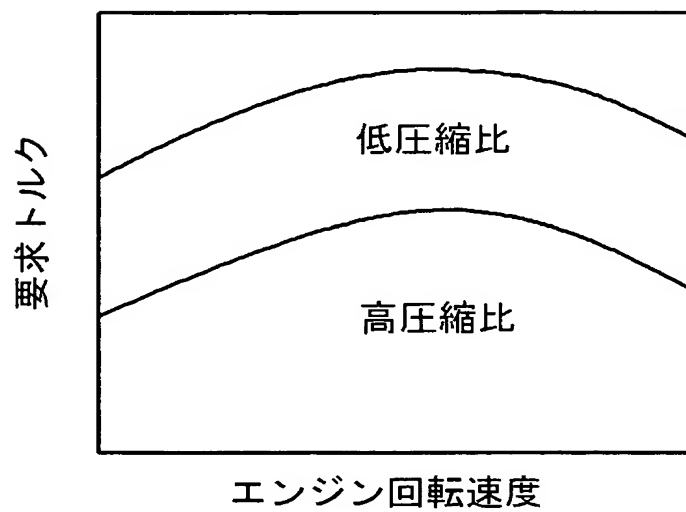
【図 2】



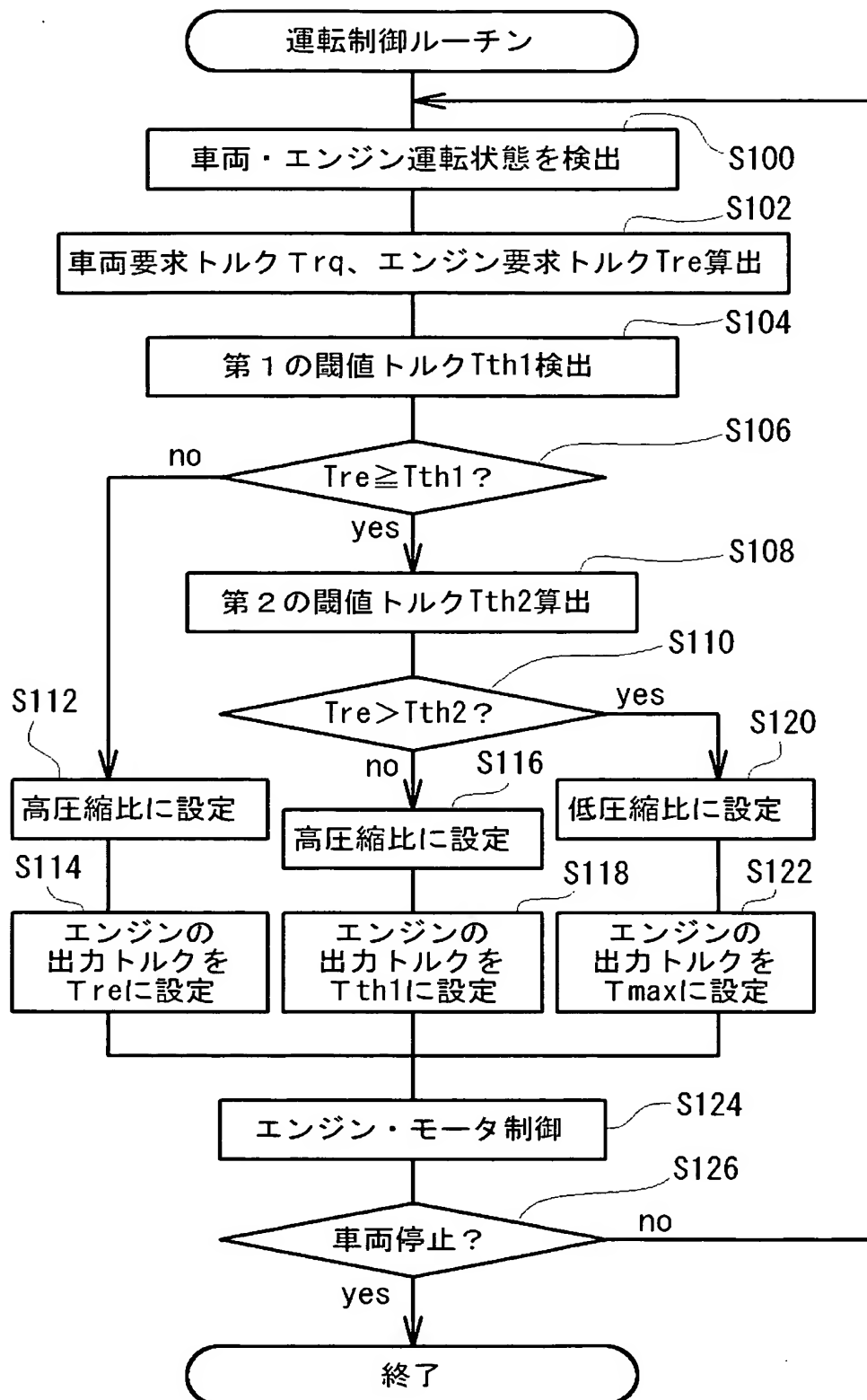
【図 3】



【図 4】

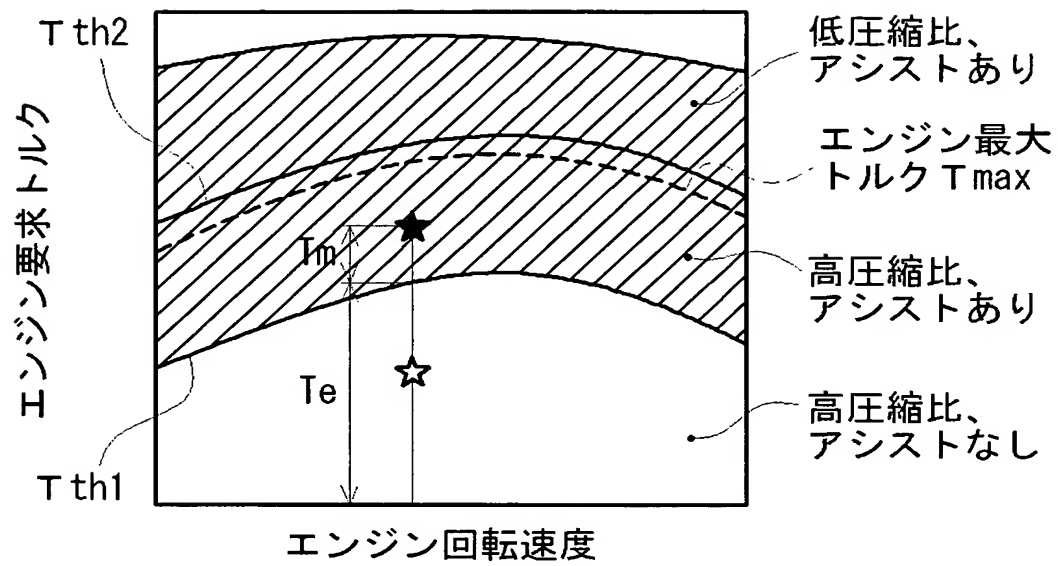


【図 5】

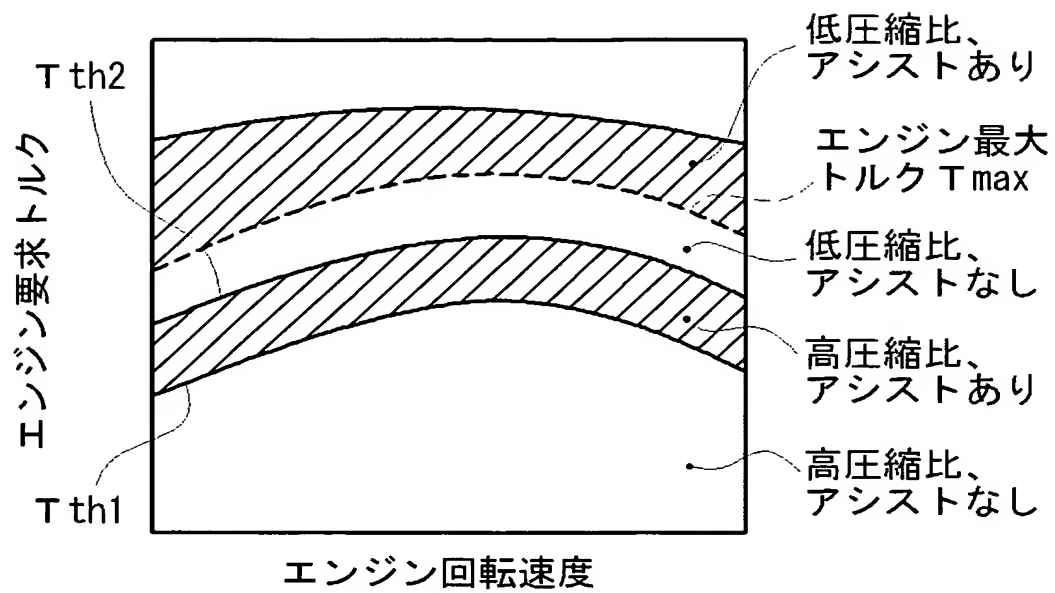




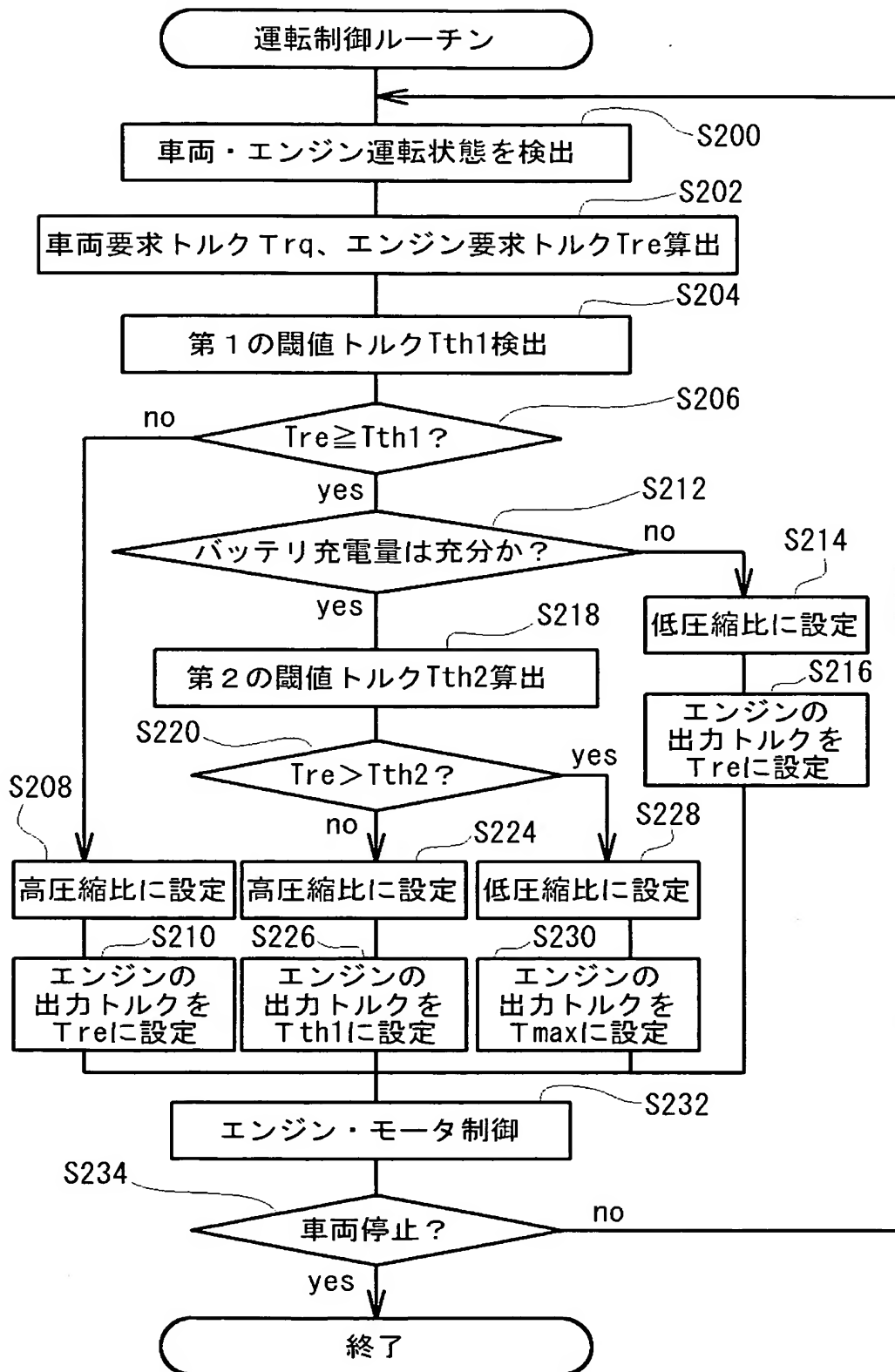
【図 6】



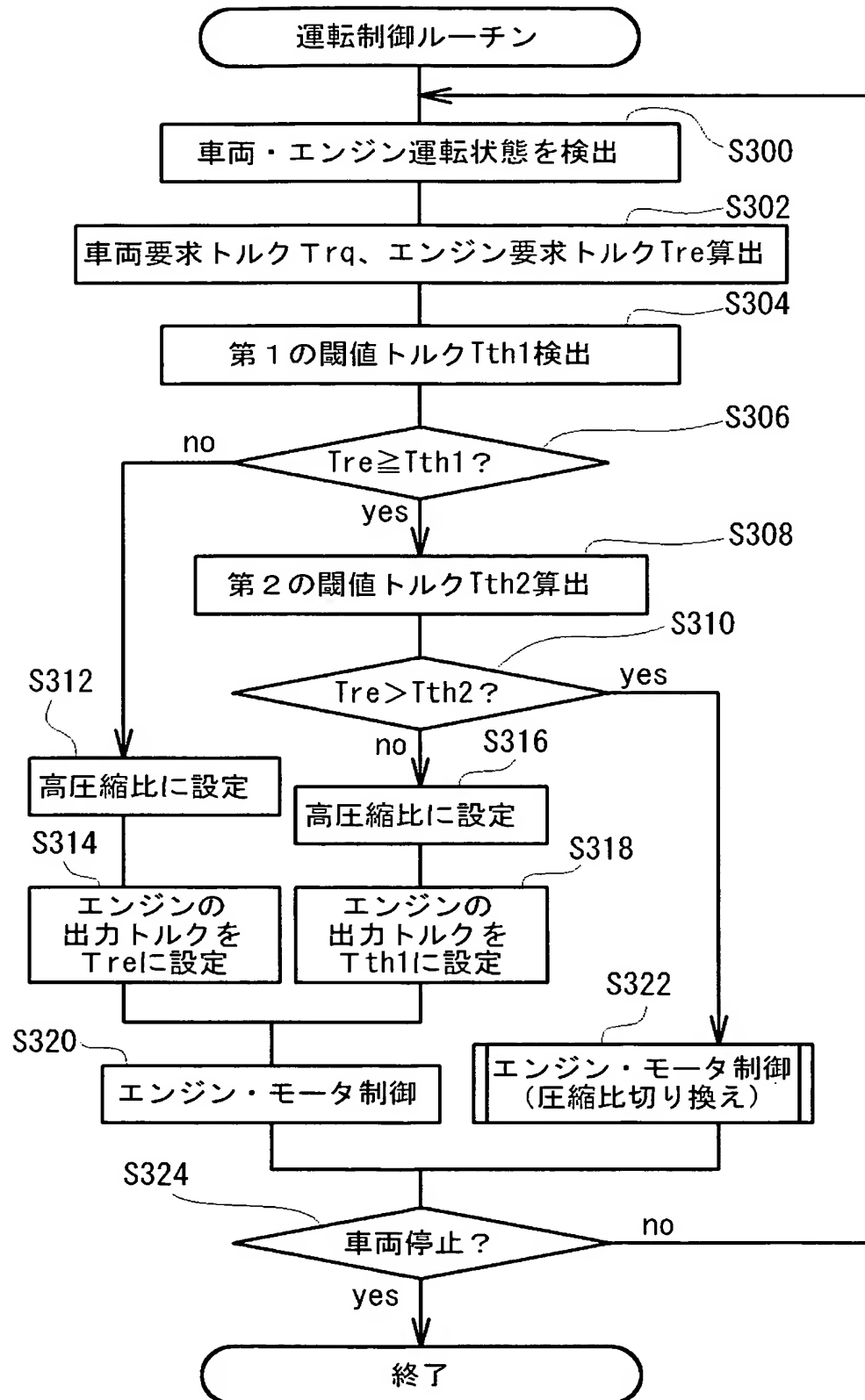
【図 7】



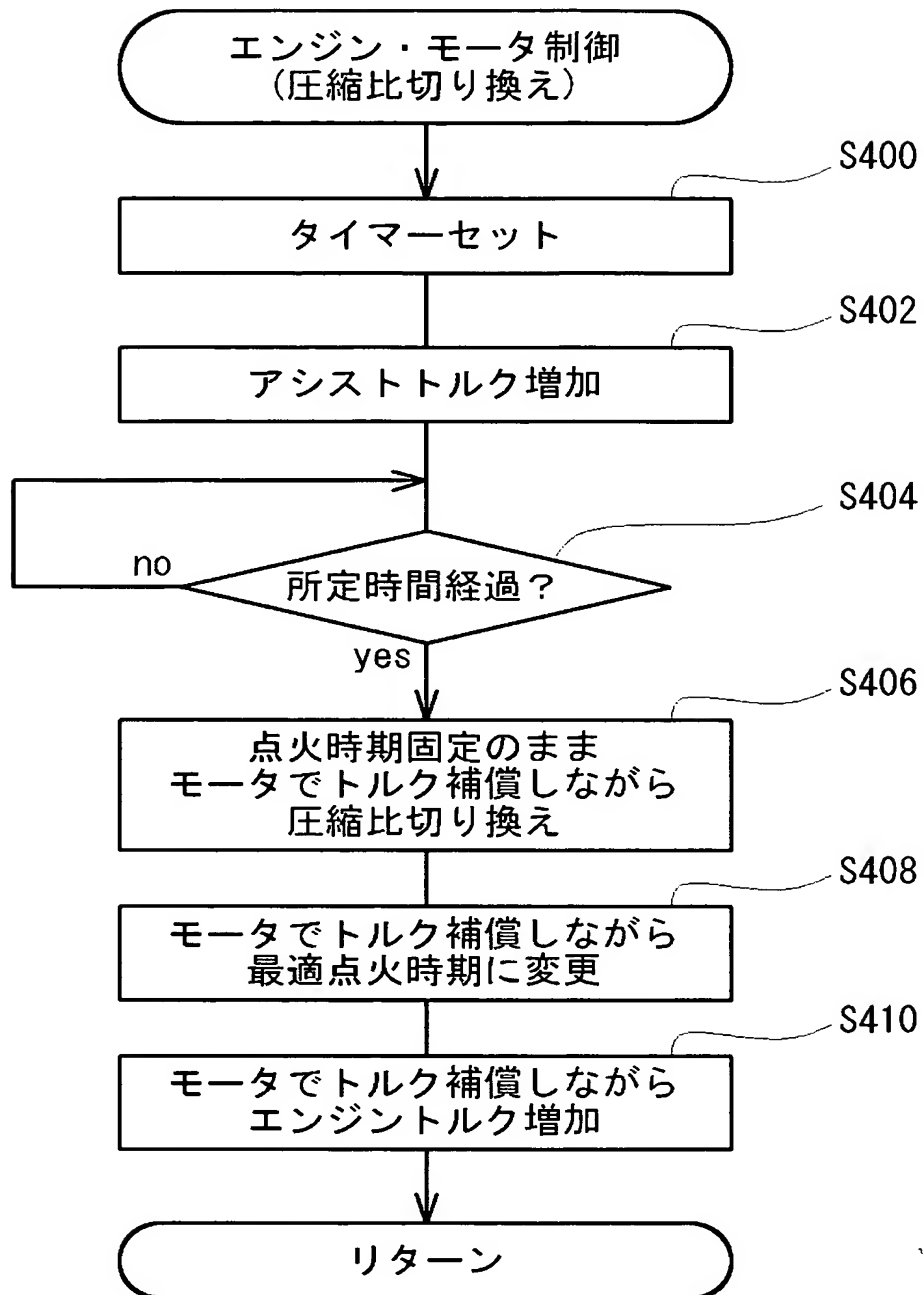
【図 8】



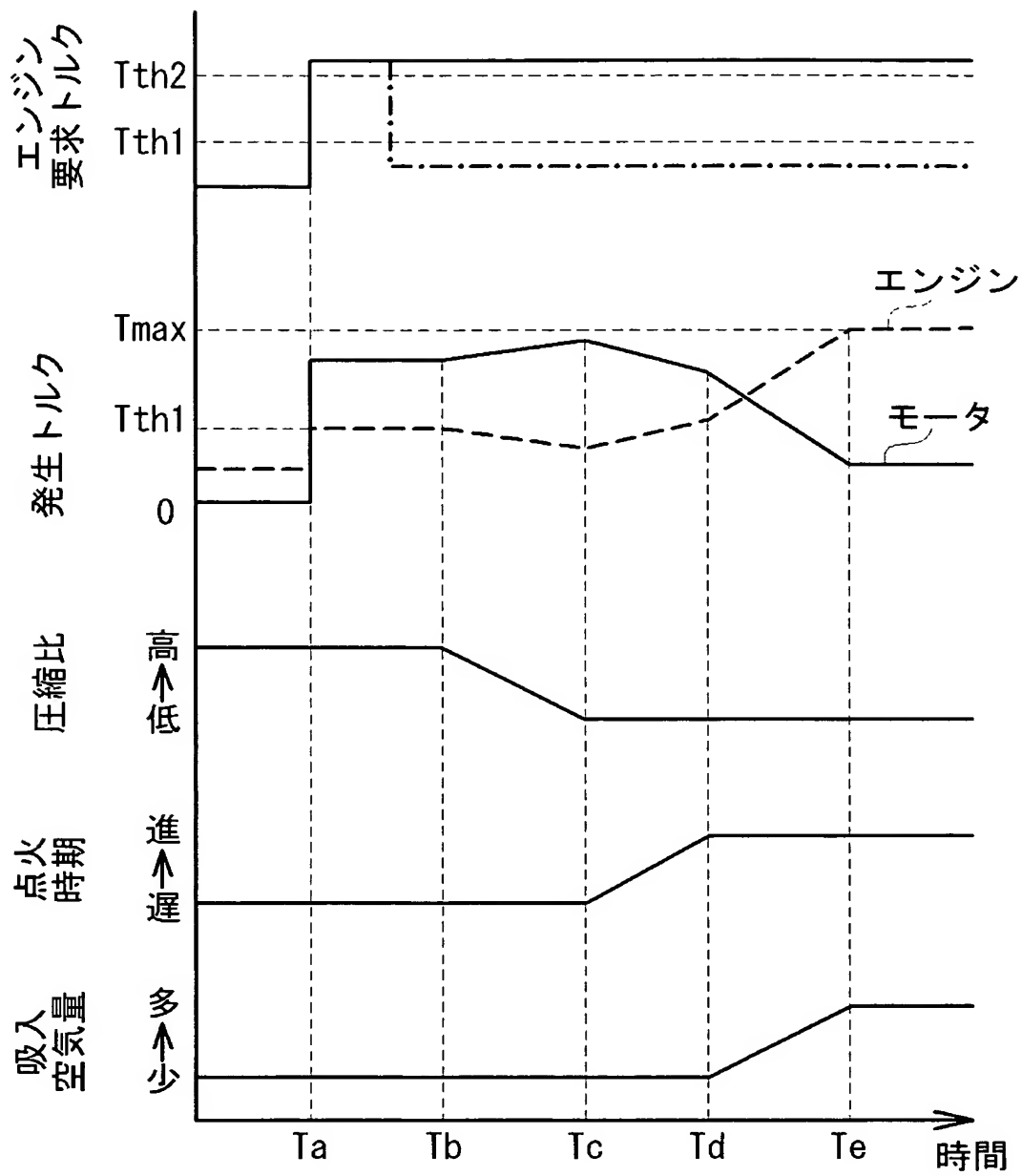
【図 9】



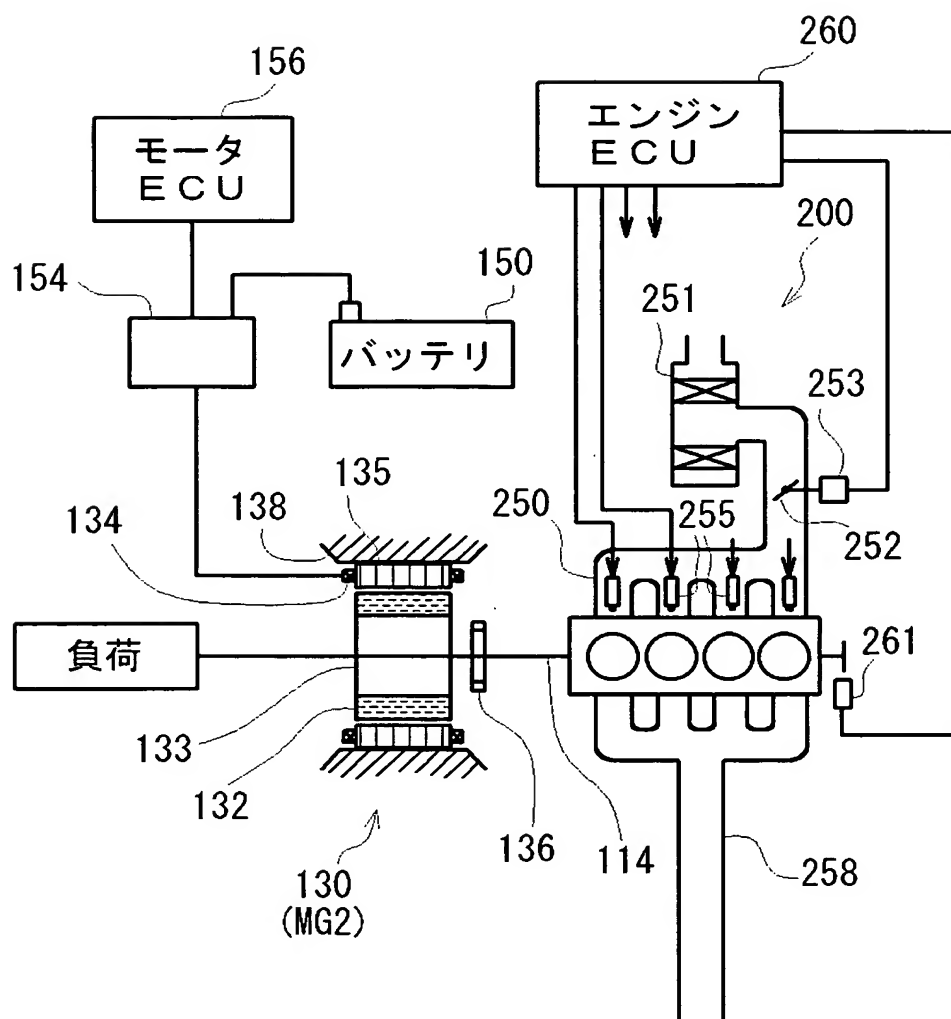
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 内燃機関の圧縮比の切り換えを適切に行う。

【解決手段】 出力するトルクに応じて圧縮比を切り換え可能な内燃機関の出力軸に、該出力軸とトルクをやり取り可能に電動機を設ける。該内燃機関に要求されるトルクたる要求トルクを検出する。そして、該要求トルクが圧縮比を切り換えるための閾値トルクを超える場合には、前記電動機から前記出力軸に対してトルクを出力することにより、前記内燃機関が出力するトルクを該閾値トルク以下に抑制する。こうすれば、内燃機関の圧縮比が頻繁に切り換わることを回避することができる。このため、圧縮比の切り換えに大きなエネルギーを消費して内燃機関全体としての効率が低下したり、あるいは内燃機関の操作者に違和感を与えるおそれを回避することができる。更に、電動機はトルクを速やかに増加させることができるので、要求トルクの増加に迅速に対応することも可能となる。

【選択図】 図 6





特願 2 0 0 3 - 0 2 0 3 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社